This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Eng
869.03

Elektro-technische
BIBLIOTHEK

Elektrische Strassenbahnen.

Eng 869.03

Harvard College Library

BOUGHT WITH THE INCOME

FROM THE BEQUEST OF

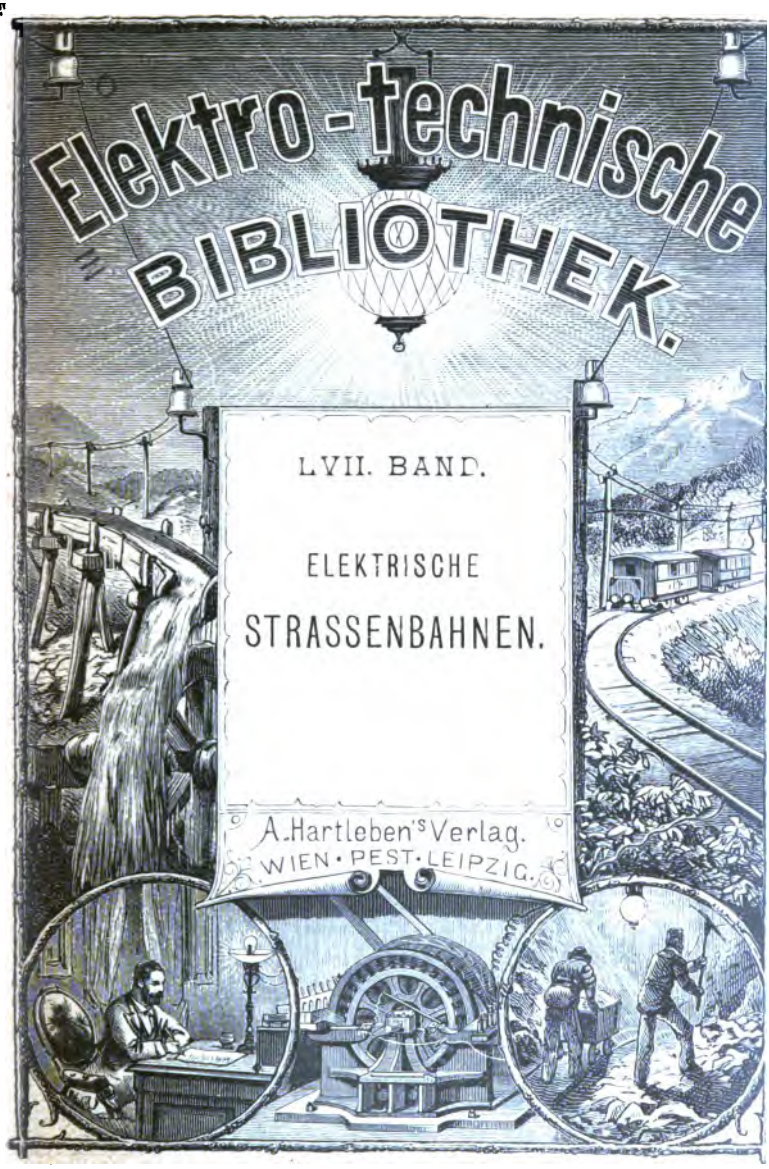
PROF. JOHN FARRAR, LL.D.

AND HIS WIDOW

ELIZA FARRAR

FOR

"BOOKS IN THE DEPARTMENT OF MATHEMATICS, ASTRONOMY, AND NATURAL PHILOSOPHY"



Preis geh. 4 *K* 40 *h* = 4 M.; geb. 5 *K* 50 *h* = 5 M.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrirten Bänden geheftet à 3 *K* 30 *h* = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.;
eleg. gebunden à 4 *K* 40 *h* = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.
Ab Band LVII kostet jeder Band geh. 4 *K* 40 *h* = 4 Mark; geb. 5 *K* 50 *h* = 5 Mark.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Glaser-De Cew. **Die dynamo-elektrischen Maschinen.** Ihre Geschichte, Grundlagen, Construction und Anwendungen. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. **Die elektrische Kraftübertragung** und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. **Das elektrische Licht.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. **Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen.** Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 4. Auflage. — V. Band. **Die Verkehrs-Telegraphie,** mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. **Telephon, Mikrophon und Radiophon,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 3. Auflage. — VII. Band. **Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. **Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente.** Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. **Die Grundlehren der Elektricität,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — X. Band. **Elektrisches Formelbuch** mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. **Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen,** mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — XII. Band. **Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen.** Von L. Kohlfürst. — XIII. Band **Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie.** Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. **Die Haus- und Hôtel-Telegraphie.** Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. **Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke.** Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. **Die elektr. Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis.** Von J. Zacharias. 2. Aufl. — XVII. Band. **Die elektrische Eisenbahn** bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. **Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde.** Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. **Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen.** Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. **Die Weltliteratur der Elektricität u. des Magnetismus,** von 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. **Die Motoren der elektrischen Maschinen** mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. **Die Generatoren hochgespannter Elektricität.** Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. **Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen.** Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. **Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen.** Von J. Zacharias. — XXV. Band. **Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte.** Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. **Die Kabeltelegraphie.** Von Max Jüllig. — XXVII. Band. **Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse.** Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. **Geschichte der Elektricität.** Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. **Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. **Die Galvanostegie** mit besonderer Berücksichtigung der fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. **Die Technik des Fernsprechwesens.** Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. **Die elektro-technische Photometrie.** Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. **Die Laboratorien der Elektro-Technik.** Von August Neumayer. — XXXIV. Band. **Elektricität und Magnetismus im Alterthume.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. **Magnetismus und Hypnotismus.** Von G. W. Gessmann. 2. Auflage. — XXXVI. Band. **Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten.** Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. **Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte.** Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. **Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen.** Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. **Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen.** Von Etienne de Fodor. — XL. Band. **Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte.** Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. **Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen.** Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. **Die Glühlampe.** Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. **Die elektrischen Verbrauchsmesser.** Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. **Die elektrische Schweissung und Löthung.** Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. **Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis.** Von J. Sack. — XLVI. Band. **Elektricität direct aus Kohle.** Von Etienne de Fodor. — XLVII., XLVIII., XLIX. und L. Band. **Angewandte Elektrochemie.** In vier Bänden. Von Dr. Franz Peters. I. Band, Die Primär- und Secundär-Elemente. II. Band, 1. und 2. Abthlg., Anorganische Elektrochemie. III. Band, Organische Elektrochemie. — LI. und LII. Band, **Materialistisch-hypothetische Sätze** und Erklärung des Wesens und der Kraftäusserungen des elektrischen Fluidums. In 2 Bd. Von Dr. F. Ph. Stögermayr. — LIII., LIV., LV. u. LVI. Bd. **Elektrometallurgie u. Galvanotechnik.** Ein Hand- u. Nachschlagebuch f. d. Gewinnung u. Bearb. d. Metalle a. elektr. Wege. In 4 Bd. V. Dr. Fr. Peters, u. s. w.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

ELEKTRISCHE

STRASSENBAHNEN.

VON

JOHANNES ZACHARIAS.

MIT 128 ABBILDUNGEN.

WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1903.
(ALLE RECHTE VORBEHALTEN.)

Eng 869.03 •

Farrar fund.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

VORWORT.

Die Straßenbahnen haben durch allgemeine Einführung des elektrischen Betriebes nicht allein einen ungeahnten Aufschwung genommen, sondern sie haben auch teilweise mehr den Charakter der Eisenbahnen erhalten und werden vielfach, wie z. B. in Deutschland, auch gesetzmäßig zu den Kleinbahnen gerechnet.

Das Pferd ist am Anfange des neuen Jahrhunderts aus dem Betriebe der alten gemütlichen Pferdebahnen verschwunden und an seine Stelle ist in den letzten Jahren der Elektromotor getreten. Auch der mechanische Betrieb der Straßenbahnen hat in großen Städten vielfach (im Straßenniveau) nicht mehr hingereicht, und man hat neue Bahnen über und unter den Straßen anlegen müssen, um dem Verlangen nach schnellem Verkehr großer Menschenmassen genügen zu können.

Die Einrichtungen, welche für diese gesteigerten Verkehrsbedürfnisse geschaffen wurden, sind im vorliegenden Werke beschrieben und durch zahlreiche Abbildungen erläutert worden.

Eine Reihe erster Firmen des In- und Auslandes hat hierbei den Verfasser durch bereitwillige und sehr weit gehende Unterlagen freundlich unterstützt, wofür hier noch besonderer Dank abgestattet sei. Der Um-

fang des Werkes gestattete leider nicht, hier alles aufzunehmen, und mußte manche wichtige Zeichnung oder Beschreibung für spätere Arbeiten zurückgelegt werden. Verfasser hat aus ersten Quellen und langjährigen eigenen Erfahrungen geschöpft, war er doch der Erste, welcher mit seinem verstorbenen Freunde Anthony Reckenzaun bereits 1885 einen Akkumulatorenwagen zu Berlin in Betrieb setzte. Etwa erst zehn Jahre später führte man Akkumulatorenbetrieb ein und heute sind die Wagenbatterien schon wieder abgeschafft, und Pufferbatterien leisten jetzt gute und wertvollere Dienste.

Hier zeigte sich so recht der Fortschritt und schnelle Wechsel in der Entwickelung des elektrischen Fahrbetriebes.

Charlottenburg, 1903.

Johannes Zacharias.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	V
Inhalts-Verzeichnis	VII
Figuren-Verzeichnis	IX
Alphabetisches Register	XII
Allgemeines	1
1. Die Geleiseanlagen	10
2. Die Leitungsanlagen	24
Allgemeines	24
Die Tragkonstruktion der Oberleitung	29
Die Oberleitungen	30
Übersicht der Oberleitungsteile	34
Konstruktion der Unterstützungen	37
Unterirdische Stromzuführung	41
Hilfs-Geräte	44
Verhaltungsvorschriften für die an Montagewagen beschäftigten Personen	50
Vorschriften bezüglich des Schutzes der Telegraphen- und Fernsprechanlagen	58
Werkzeuge für die Herstellung der Oberleitung	61
Lieferungsbedingungen für Fahr- und Hängedraht zur Oberleitung von Straßenbahnen	62
Isolationswiderstand von Installationen	68
Die Stromzuführung	69
3. Das rollende Material	71
Wagenausrüstung	77
a) Die Motoren	77
b) Die Stromabnehmer	85
c) Die Fahrschalter und Schaltungen	93
d) Beleuchtung und Heizung	100
e) Sicherheitsvorrichtungen	114
4. Das Kraftwerk	123
Anforderungen des elektrischen Betriebes an die Dampfmaschinen	136

Seite
Schwungräder 140
Der Ungleichförmigkeitsgrad 143
Pufferbatterien 149
5. Entwurf und Ausführung von Straßenbahnen . . 150
Projektieren 150
Anforderungen für direkte Stromzuführung 152
Vorschriften für Projektunterlagen für elektrische Straßenbahnen 153
Notwendigste Angaben für vorläufigen Kostenüberschlag 155
Kraftbedarf 156
Ausführungsarbeiten 167
6. Beschreibung einiger Bahnen 170
Straßenbahn in St. Gallen 170
Straßenbahn Altstätten—Berneck 184
Bahnanlage Meckenbeuren—Tettnang 190
Straßenbahn in Freiburg (Schweiz) 195
Schwebebahnen 201
Die elektrische Hoch- und Untergrundbahn von Siemens & Halske in Berlin 204
Die Franz-Joseph-Elektrische Untergrundbahn 211
Die elektrische Zahnradbahn in Barmen 224
Schluß 230
Tiefbahnen 230
Industriebahnen 232

Verzeichnis der Abbildungen.

Nr.		Seite
1.	Schienenquerschnitt	10
2.	Querschnitt mit Bettung	10
3.	Stumpfer Stoß	11
4 u. 4a.	Innenlasche mit Querschnitt	11
5.	Außenlasche	11
6.	Spurstange	11
7.	Geleisanordnung in gerader Strecke	13
8.	Geleisanordnung in gerader Strecke	14
9.	Winkelrechte Kreuzung	15
10.	Gerade Strecke mit abgehender Kurve	16
11.	Kurven für Wagenschuppen	17
12.	Vier kreuzende Geleise mit drei Kurven	18
13.	Kurven und Kreuzungen an einer Straßenecke	19
14.	Herzstück	20
15.	Weichenzunge	20
16.	Schienenverbinder	21
17.	Anbohren der Schienen für den kupfernen Verbinder	22
18.	Schienenschweißen mit Thermit	23
19.	Tiegel über der Form	25
20.	Tiegel mit Ablaßvorrichtung	25
21.	Gerade Tragöse	26
22.	Ankeröse	26
23.	Speiseöse	26
24.	Spleisöse	26
25.	Hängeisolator	27
26.	Wagenschuppenisolator	27
27.	Feste schräge Kreuzung	28
28.	Verstellbare Kreuzung	29
29.	Rechtsweiche für Fahrdrähte	30
30.	Linksweiche	30
31.	Y-Weiche für zwei Abzweigungen	31
32.	Weiche für drei Abzweigungen	31
33.	Kugelisolator	32
33a.	Kugelisolator (Schema)	33
34.	Spannschloß am Mast	33
35.	Schutzleiste	34

Nr.		Seite
36.	Verzierter eiserner Mast	35
37.	Liverpooler Maste	36
38.	Doppelter Ausleger für vier Drähte	37
39.	Verzierter Mast mit doppeltem Ausleger für zwei Drähte	38
40.	Auslegermast für Dickinsonsystem mit einem Draht	39
41.	Auslegermast für Dickinsonsystem mit zwei Drähten	40
42.	Unterleitung	42
43.	Montagewagen der Halleschen Straßenbahn	44
44.	Montagewagen der Union Elektrizitäts-Gesellschaft	45
45.	Montagewagen der Thorner Straßenbahn	46
46.	Montagewagen mit fester Plattform mit Ausleger	47
47.	Montagewagen mit stellbarer Plattform ohne Ausleger	48
48.	Montagewagen englischer Bauart	49
49.	Montagewagen englischer Bauart im Betrieb	51
50.	Montagewagen von Siemens & Halske	52
51.	Kabelkran	53
51a.	Mastenkran	54
52.	Große mechanische Leiter	55
53.	Unterer Teil der großen mechanischen Leiter	56
54.	Drahtkarren	57
55.	Normal-Untergestell zweiachsig	71
56.	Wagenachse und Räder	72
57.	Randflanschenquerschnitt	72
58.	Drehbares Untergestell	73
59.	Vierachsiger Motorwagen	74
60.	Querschnitte eines zweiachsigen Wagens	76
61.	Erste elektrische Bahn	77
62.	Erste elektrische Lokomotive	78
63.	Schneepflug	79
64.	Motorschaltung mit Folgepolen	80
65.	Geteiltes Zahnrad	80
66, 67.	Äußere Ansicht von Kapselmotoren	81, 82
68—71.	Ansichten der federnden Aufhängung	86—89
72a und c.	Siemens-Motor mit Vorgelege	90, 91
73.	Kontaktrad	92
74.	Drehlager für Kontaktrute	92
75.	Gabel für Kontaktrolle	93
76.	Die Dickinsonrolle	93
77.	Die Dickinsonrolle mit Kontaktrute	94
78.	Siemensbügel, fest	95
79.	Siemensbügel, drehbar	96
80.	Schaltung zweier Motoren	97
81.	Fahrschalter-Gehäuse	98
82.	Fahrschalter-Einrichtung	99
83.	Fahrschalter, obere Ansicht und Querschnitt	100

Nr.		Seite
84.	Kuppelung zwischen zwei Wagen	101
85a und b.	Kuppelung für Wagenbeleuchtung	101
86a und b.	Kuppelung für Bremse	102
87.	Wagenschaltung von Siemens & Halske	103
88.	Kopflaterne für eine Lampe	104
89.	Kopflaterne für zwei Lampen	105
90.	Innenlaternen	106
91.	Hörnerblitzableiter	107
92.	Hörnerblitzableiter (Wirkung)	108
93.	Handbremse	115
94a.	Magnetbremse	116
94b—c.	Magnetbremse (Befestigung)	117
95a.	Luftbremse (Grundriß)	118
95b.	Luftbremse (Ansicht)	118
95c.	Luftpumpe	119
95d.	Luftpumpe mit Regulator	119
96a.	Schutzvorrichtung (Draufsicht)	120
96b.	Schutzvorrichtung (Seitenansicht)	120
97.	Sandstreuer	121
98.	Dynamo für Kuppelung	124
99.	Kuppelung für Dynamos	125
100.	Dynamo für Zusammenbau	126
101.	Feld einer großen Dynamo	128
102.	Schnitt durch ein großes Kraftwerk	129
103.	Dynamo (Luisenstraße, Berlin)	130
104.	Dampfdynamo (Luisenstraße, Berlin)	131
105.	Dampfdynamo (Schiffbauerdamm)	132
106.	Schaltungsschema	133
107.	Hauptschalttafel	134
108.	Kesselhaus	135
109.	Kondensrohrleitung	137
110.	Kabelkeller	138
111.	Kabelschalttafel	139
112.	Zusatzdynamos	140
113.	Selbsttätige Feuerung	141
114.	Kühlturm nach Balke	143
115.	Kühlturm nach Worthington	144
116.	Kohlenkarren	145
117.	Kohlenwage	147
118.	Motorkurve	163
119.	Lötvorrichtung	164
120.	Leitungskurven im Fahrdraht	168
121, 122.	Schwebebahn	202, 203
123—128.	Hoch- und Untergrundbahn (Berlin)	206, 208, 210, 212, 214, 216

Sachregister.

Abspannungen 63.
Anforderungen für direkte Stromzuführung 152.
— des elektrischen Betriebes an die Dampfmaschinen 136.
Anbohren der Schienen 22.
Anker 79.
Ankeröse 26.
Arbeitsdraht 26, 29.
Arbeitsleitungen 25.
Aufhängung des Motors 86—89.
Ausleger 29, 37.
Ausführungsarbeiten 167.
Außentasche 11.
Beleuchtung und Heizung 100.
Beschreibung einiger Bahnen 170.
Blitzableiter 101, 107, 108.
Bremsen 114—120.
Dienstvorschriften 50, 104.
Drahtkarren 57.
Drehstrom 123.
Dynamomaschine 125.
Elektrische Hoch- und Untergrundbahn 204.
— Zahnradbahn 224.
Entwurf und Ausführung von Straßenbahnen 150.
Fahrschalter und Schaltungen 93.
Fahrdraht 62.
Feld einer Dynamo 128.
Geleiseanlagen 10.
Gewichte und Maße für Motor- und Anhängewagen ohne Ausrüstung 75.
Gleichstrommotoren für Motorwagen 85.
Hängedraht 38, 63.
Hilfsgeräte 44.
Industriebahnen 233.
Isolatoren 27, 33.
Isolationswiderstand 68.
Isoliermaterial 29.
Kabelkran 49.
Kapselmotor 78, 81, 82.
Kontaktvorrichtungen 26.
Kontaktstange 86.
Kontaktrollen 86, 93.
Kraftwerk 123.
Kupferdraht 26.
Kuppelungen 97, 101, 125.
Kurven 16.
Kreuzung 15, 28.
Kurvenabspannung für Bügelkontakt und Rolle 66.
Leitungsanlagen 24.
Lieferungsbedingungen für Fahr- und Hängedraht 62.
Luftpumpe 119.
Luftweichen 32.
Mastenkran 47, 54.

Montagewagen 44, u. s. w.
Montageleitern 48, 55.
Motorschaltung 80.
Motoren 77, 90.
Motorwagen 71, 74, 123.
Oberleitungen 30.
Oberleitungsteile 35.
Pufferbatterien 149.
Querdrahtaufhängung 29.
Raumbedarf für Wagenschuppen 75.
Registrierapparat 134.
Rollendes Material 71.
Rückleitung 17.
Schalter 97.
Schalldämpfer 33
Schienenbettung 10.
Schienenschweißen 20.
Schneepflug 79.
Schraub- oder Lötmuffen 31.
Schwebebahnen 201.
Schwungräder 140.
Sektionsschalter 27.
Spannschloß 33.
Spleisösen 26, 31.
Speiseöse 26, 31.
Spurstange 11, 13.
Stromzuführung 69.
Stromzuführung, unterirdische 41.
Stumpfer Stoß 11.
Teile eines Straßenbahnmotors 83.
Tiefbahnen 231.
Tragöse 26.
Tragkonstruktion der Oberleitung 29.
Ungleichförmigkeitsgrad 145.
Untergestell 71, 73.
Unterleitung 42.
Unterstützungen 37.
Verhaltungsvorschriften für die an Montagewagen beschäftigten Personen 50.
Vorschriften bezüglich des Schutzes der Telegraphenanlagen 58.
Vorschriften für Bügelkontakt 91.
Vorschriften für Führer von Motorwagen 104.
Vorschriften für Projektunterlagen für elektrische Straßenbahnen 153
Wagenachse 72.
Wagenausrüstung 77.
Wagenisolator 27.
Wagenschaltung 103.
Weichen 30, 31.
Werkzeuge für die Herstellung der Oberleitung 61.
Widerstände 93.

ELEKTRISCHE

STRASSENBAHNEN.

Allgemeines.

Ursprünglich bestanden die Straßenbahnen als Flachbahnen mit Pferdebetrieb, bei denen die Geleise in die Oberflächenbefestigung der Straßendämme versenkt und die Wagen einzeln von ein bis zwei Pferden gezogen wurden.

Das immer mehr in den großen Städten sich steigernde Verkehrsbedürfnis führte später zur Anwendung von Maschinenkraft an Stelle der Tierkraft. Man baute Dampfwagen, wie z. B. den von Rowan, die Natronlokomotive von Honigmann. Später versuchte man auch Gasmaschinen oder Motoren mit komprimierter Luft, bis schließlich am Ende des vergangenen Jahrhunderts die elektrische Kraft alle anderen Betriebsweisen verdrängte.

Die erste elektrische Bahn wurde nach der 1879 von Werner Siemens gemachten Erfindung 1881 zu Lichterfelde bei Berlin von Siemens & Halske erbaut. Bald darauf folgte die Linie Frankfurt a. M.—Offenbach, sowie Mödling—Hinterbrühl bei Wien.

Die erste Straßenbahn baute man in New-York 1850. Bis 1860 hatte man schon 30 und bis 1870 über 80 Linien in Betrieb. Die Erfindung des elektrischen Betriebes von Fahrzeugen ist eigentlich nicht neueren Datums. Die Erzeugung von Bewegung durch elektrischen Strom haben schon Männer wie Oerstedt 1817,

Ampère und Arago 1820—1825, Faraday 1824—1830 an der Magnetnadel studiert. Jacobi machte 1834 in Petersburg den Vorschlag, ein Boot durch eine Batterie zu treiben. Thomas Davenport konstruierte 1835 bis 1837 in Amerika die erste elektrische Lokomotive und Thomas Hall versuchte deren mehrere 1851 bis 1860 in Boston. Alle diese Versuche basierten jedoch noch auf höchst unvollkommenen Apparaten, bei denen Stahlmagnete und Primärelemente zur Anwendung kamen.

Nachdem Paccinotti, Gramme und Siemens 1867 das Prinzip der Dynamomaschine fast zugleich und unabhängig voneinander entdeckten, und v. Hefner-Alteneck den Trommelanker konstruiert hatte, Siemens als erster 1879 mit seiner praktisch brauchbaren elektrischen Eisenbahn in Berlin hervorgetreten war, begann eigentlich erst das Zeitalter des elektrischen Betriebes von Fahrzeugen aller Art. Hierzu kam noch die Vervollkommnung des Planté-Akkumulators durch Faure und Volckmar in Paris und Sellon in London 1880—1881.

Trouvé baute in Paris das erste elektrische Boot mit Akkumulatoren, und A. Reckenzaun in London, sowie Julien in Brüssel setzten die ersten Straßenbahnwagen mit Akkumulatoren 1884—1885 in Betrieb. In Hamburg machte J. L. Huber, in Berlin Reckenzaun Versuche mit Akkumulatorenwagen auf den Straßenbahnen. Zufolge geringer Haltbarkeit der Akkumulatoren führten diese Versuche zu keinem befriedigenden Ergebnis und man wandte sich allgemein der direkten Stromzuführung durch oberirdische Leitungen zu.

Werner Siemens wendete für die Stromzuführung die Schienen an, indem er 1879 in der Mitte zwischen dem Geleise eine dritte Kontaktschiene als Hinleitung anbrachte und die beiden Fahrschienen als Rücklei-

tung benützte. In Lichterfelde nahm derselbe 1881 die beiden Fahrschienen auf Holzschwellen als Stromleiter, während Alexander Siemens und dessen Assistent Boistel im gleichen Jahre in Paris die erste Oberleitung anwendeten.

Es waren zwei geschlitzte Rohre isoliert an Masten befestigt, in denen ein Schlitten mit einer federnden Kontaktrolle lief. — Siemens & Halske bauten dann zwei elektrische Bahnen mit geschlitzten Rohren, in denen Kontaktschiffchen laufen und zwar 1883 7 *km* zwischen Frankfurt a. M.—Offenbach und 1884 5 *km* zwischen Mödling—Hinterbrühl, die heute noch tadellos funktionieren. — In Nordamerika spannte man zwei Drähte dicht nebeneinander, auf denen ein Kontaktkörper mit Rollen lief, die an einem Seil wie bei der Siemens'schen Konstruktion vom Wagen mitgenommen wurden.*)

Viel später erst machte man Kontaktstangen mit zwei Rollen, die von unten sich gegen zwei Kontaktdrähte legten, wie z. B. in Cincinnati, woselbst 231 *km* mit 440 Wagen in Betrieb sind.

Seit 1888 wendete man in Nordamerika einen Draht und eine Kontaktrolle an und benützte die Fahrschienen als Rückleitung, und hiermit begann der rapide Aufschwung des heutigen Trolley-Systems (Rollen-System). Bereits 1890 waren in den Vereinigten Staaten von Nordamerika von 14.252 *km* Straßenbahn 4000 *km* nach diesem System elektrisch betrieben. 1895 waren von 21.239 *km* bereits 16.580 *km* und in Europa von 15.000 *km* 13.000 *km* elektrisch betrieben. So hat z. B. Boston 538 *km* Strecken mit 864 Motoren, von denen täglich 600 durch zirka 18.000 Ampère im Dienst gehalten sind, die von fünf Stationen

*) S. La Genèse de la Traction Electrique par Ernest Gerard Louvain 1898. Polleusius et Centerick; — u. Elektr. Verkehrstechnik von Johannes Zacharias. Jena 1902.

mit zusammen 22—26.000 Ampère Kapazität geliefert werden.

Um dem Auge die Stromleitungen zu entziehen und sie vor Beschädigungen besser zu schützen baute Holroyd Smith in Blackpool 1884 und Siemens & Halske in Budapest 1889 eine doppelte Unterleitung in einem Schlitzkanal; Love legte in Brüssel auch eine derartige Strecke an und zwar mit doppelten Kontakträdern. Ähnliche Anlagen machte man in Berlin, Washington und New-York, doch fand das System keine weitere Verbreitung. Lineff und mehrere Andere versuchten auch ein unterirdisches Kontaktsystem mit Magnetschluß und Teilleitern, jedoch ohne dauernden Erfolg, so daß das Oberleitungssystem, um das sich namentlich auch Sprague, Field, Edison, Elihu Thomson und Short verdient gemacht haben, heute noch vorwiegt.

Abänderungen der Kontaktrolle führte 1894 Alfred Dickinson in South Staffordshire ein, indem er dieselbe in einem besonderen Kopf der Kontaktstange um eine senkrechte Achse beweglich anordnete.

Obgleich die elektrischen Straßenbahnen deutschen Ursprungs sind, haben sich dieselben nicht in ihrem Ursprungslande zur heutigen Vollkommenheit ausgebildet, sondern in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, woselbst man sehr bald die Wichtigkeit dieses neuen Verkehrsmittels erkannt hatte und mit großer Energie in wenigen Jahren dem elektrischen Betriebe von Straßenbahnen eine ungeahnte Ausdehnung gab, so daß schließlich die europäischen Staaten sich die erfolgreichen Konstruktionen und Erfahrungen der Nordamerikaner zu Nutze machten und gleichfalls auch die Umwandlung der bisherigen Pferdebahnen in elektrische Straßenbahnen und die Anlage neuer von vornherein elektrisch gebauter Verkehrswege sich angelegen sein ließen.

Wie es immer bei Neuerungen der Fall ist, hat man sowohl die Geleise wie auch die Betriebsmittel zunächst den bisherigen Pferdebahnen nachgebaut und ist dann erst dazu übergegangen, neue besonders für den elektrischen Betrieb geeignete Typen sowohl für die Geleise als auch für die Wagen und Motoren zu schaffen. — Der in den großen Städten sich schnell entwickelnde und jährlich wachsende Verkehr hat schließlich auch dazu genötigt, auf Verkehrswege zu sinnen, die nicht von anderen im Straßenniveau sich bewegenden Fuhrwerken und Personen abhängig sind, sondern die dem sonstigen Straßenverkehr dadurch entzogen werden, daß man sie höher oder tiefer als die Straßenfläche gelegt hat. Man hat auf diese Weise Untergrundbahnen und Hochbahnen geschaffen, die hauptsächlich die Straßen verfolgen, jedoch wo es nötig ist, auch unter Häusern und Flußläufen hinwegführen.

Diese Hoch- und Untergrundbahnen können infolge des ungehinderten Verkehrs ihre Züge sehr viel schneller fahren, so daß sie den Schnell- und Massenverkehr zwischen den Verkehrszentren, den Geschäftsvierteln und den weiter gelegenen Straßen und Vororten besser und schneller vermitteln als dies je eine Straßenbahn, die als Flachbahn gebaut ist, leisten kann.

Für die Hochbahnen hat man die Geleisanlagen auf teils eisernen, teils steinernen Viadukten gelegt und sie im übrigen den Eisenbahnen, beziehungsweise Vollbahnen nachgebildet.

Man hat jedoch auch unter Umständen statt der zweischienigen Geleise einschienige Bahnen gebaut, bei denen die Wagen unterhalb der Schiene auf diesen hängend und laufend sich befinden, so daß man diese Einrichtungen mit dem Namen Schwebebahnen belegt hat. Dieselben haben die Eigentümlichkeit, daß

man in den engsten Straßen mit wenig Unterstützungen derartige Schwebebahnen anlegen kann.

Die Untergrundbahnen haben sich in zwei typischen Formen entwickelt, teilweise als Unterpflasterbahnen, die hauptsächlich die Straßenzüge der großen Städte verfolgen und sich nur 75—90 *cm* unterhalb der Straßenfläche mit ihrer Decke befinden, im übrigen aber als gemauerte Tunnels ausgeführt sind, deren Decke aus eisernen Trägern mit dazwischen gewölbten Kappen besteht.

An Plätzen, wo dies nicht möglich ist, hat man Röhrenbahnen ausgeführt, indem man in größeren Tiefen von 8—15 *m* unter der Straßenfläche, beziehungsweise unter Flußläufen, Tunnels vorgetrieben hat, die mit, aus einzelnen Stücken zusammengesetzten Röhren ausgekleidet sind und auf diese Weise dem Geleise Festigkeit und Abschluß gegen das umgebende Erdreich und Grundwasser bieten. Vereinzelt hat man auch Bergbahnen als Zahnradbahnen angelegt.

Diese verschiedenen Typen von Bahnen, die lediglich dem Stadtschnellverkehr dienen und durch ihre Eigenart den Straßenverkehr entlasten, sind als »Unterpflasterbahnen« z. B. von der Firma Siemens & Halske in Budapest und teilweise auch in Berlin ausgeführt worden. Auch in Paris hat man ähnliche Einrichtungen bereits geschaffen.

Elektrische »Hochbahnen« auf fortlaufenden über der Straßenfläche gelegenen Viadukten, die hauptsächlich aus Eisenkonstruktion bestehen, findet man in Chicago, New-York, Berlin, Röhrenbahnen in London.

Während die Straßenbahnen innerhalb der Verkehrszentren der großen Städte im allgemeinen nicht mehr wie 12 *km* die Stunde machen dürfen, jedoch infolge des vielen Anhaltens, des großen Verkehrs und der unausgesetzten Reihenfolge elektrischer Wagen

gewöhnlich nicht mehr wie 8—9 *km* in der Stunde fahren, machen dieselben in den Vororten und weniger verkehrsreichen Straßen höchstens bis zu 25 *km* die Stunde, hingegen die Hochbahnen und Untergrundbahnen als höchste Geschwindigkeit bis 50 *km* die Stunde erreichen und liegt hierin hauptsächlich für die Vermittlung des starken Verkehrs ein großer Vorteil.

Zum Betriebe von Fahrzeugen aller Art ist infolge seiner Eigenschaften kein Motor so geeignet wie der Elektromotor und zwar nicht allein in Bezug auf seine Bedienung und Unterhaltung, sowie die Betriebskosten, als auch besonders bezüglich des schnellen Anfahrens und Anhaltens. — Während die bisherigen Dampfbahnen in den Städten bei dicht aneinander gelegenen Stationen mit etwa drei bis fünf Minuten Abstand ihre zulässige Maximalgeschwindigkeit erst etwa auf der Hälfte der Strecke zwischen zwei Stationen erzielen und dann bereits die Kraft vermindern müssen, um rechtzeitig anhalten zu können, gestattet der Elektromotor eine derartige Beschleunigung der Wagen, daß nach wenigen Sekunden des Anfahrens bereits die höhere Fahrgeschwindigkeit erreicht werden kann. Außerdem ist die ganze Handhabung, die Regulierung, das Bremsen behufs Anhaltens in keiner Weise so günstig zu gestalten wie bei elektrischem Betriebe.

Während man bei Dampflokomotiven genötigt ist, der Lokomotive ein derartiges Gewicht zu geben, daß sie bei der erforderlichen Kraftleistung die nötige Adhäsion an den Schienen hat, kann man bei dem elektrischen Betriebe die Last der einzelnen Wagen selbst für die Adhäsion ausnützen und man vermeidet auf diese Weise unnütze tote Last, die man sonst mitbewegen müßte.

Man ist also in der Lage, je nach Bedarf jeden einzelnen Wagen mit einem, mit zwei oder mit vier

Elektromotoren zu versehen und man hat sinnreiche Schaltvorrichtungen erfunden, welche es gestatten, von jedem beliebigen Wagen aus die sämtlichen Elektromotoren eines Zuges derartig zu steuern, wie man es bei einem einzigen Elektromotor in einem kleinen Wagen machen kann. Es sind dies also Vorzüge, die insbesondere dem elektrischen Betriebe eigen sind.

Es ist jedoch auch noch ein anderes Moment, welches dem elektrischen Straßenbahnbetriebe den Vorzug gibt. Die elektrische Kraft kann man an einem oder wenigen Plätzen in großen Kraftwerken bis zu beliebiger Höhe billig erzeugen und sie selbst in ausgedehnten Städten auf die verschiedenen zu befahrenden Straßen und Plätze verteilen. Auf diese Weise wird der ganze Betriebsdienst sehr vereinfacht und verbilligt. Man ist bereits mit der Größe derartiger Maschinen für die Erzeugung der elektrischen Kraft von den früheren kleineren Maschinen von 150 bis 500 Pferdekräften neuerdings allmälig auf 1000, 3000 und jetzt schon auf 6000 Pferdekräfte gegangen. Das Feuerungsmaterial kann naturgemäß in derartigen großen Anlagen viel rationeller ausgenützt werden und es kann eine vollkommene Rauchverbrennung erzielt werden, welche die Luftverderbnis unserer Lokomotiven oder sonstiger kleiner Maschinenanlagen in der vollkommensten Weise vermeidet und also das Wohnen in großen Städten gesünder macht.

Für den Fernverkehr liegen die Verhältnisse nicht so günstig, und man streitet heute noch darüber, ob es technisch und wirtschaftlich möglich sein wird, große Fernbahnnetze elektrisch zu betreiben, und die Dampfmaschinentechniker machen große Anstrengungen, um ihre Lokomotiven rationeller zu bauen und den Betrieb derselben zu verbilligen. Das ist der heutige Stand der elektrischen Straßenbahnen im weiteren Sinne. Während man bisher unter einer

Straßenbahn lediglich eine in der Straße fahrende Niveaubahn verstand, hat sich der Begriff heute in der eben ausgeführten Weise in gewissem Sinne erweitert und wollen wir nachstehend die einzelnen Einrichtungen für die verschiedenen Zwecke kennen lernen.

Der Stoff, welchen wir zu behandeln haben, läßt sich übersichtlich in folgende Abschnitte einteilen:

1. die Geleiseanlagen,
2. die Leitungsanlagen,
3. das rollende Material,
4. die Kraftanlage,
5. verschiedene ausgeführte Bahnanlagen.

1. Die Geleiseanlagen.

Die Anlage der Schienengeleise ist bei Flachbahnen, welche in die Straßenflächen eingesenkt sind, gewöhnlich in der Weise hergestellt, daß man Schienen mit breitem Fuß, hohem Steg und einer in den Schienenkopf eingewalzten Rinne (Fig. 1) von etwa 25—30 *mm* Breite und gleicher Tiefe, je nach der Konstruktion der Fahrbahn, auf Schwellen oder direkt auf Betonunterlage verlegt (Fig. 2), so daß die Schienenoberkanten mit der Straßenfläche in gleicher Höhe sich befinden. Diese Einrichtung ist notwendig, damit sonstige Fuhrwerke ungehindert auf der Straße verkehren können und auch Fußgänger durch etwa überstehende Teile von Geleisen nicht behindert werden.

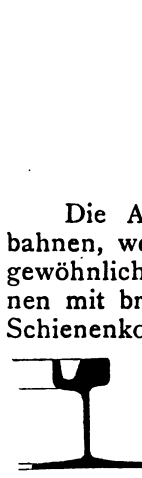


Fig. 1. Schienenquerschnitt.

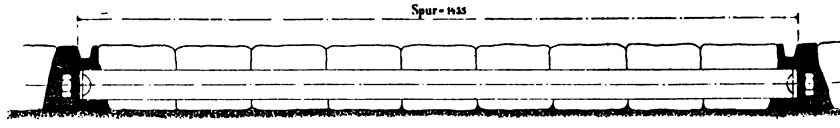


Fig. 2. Querschnitt mit Bettung.

Die Anordnung des gewöhnlichen stumpfen Stoßes zeigt Fig. 3 in der Seitenansicht, die Innenlasche ist in Fig. 4, die Außenlasche in Fig. 5 dargestellt, während Fig. 4*a* einen Querschnitt der Laschenverbindung gibt. Die in Fig. 2 sichtbare

Spurstange ist in Fig. 6 nochmals in vergrößertem Maßstabe dargestellt.

Die Anordnung der Schwellen für 9 *m*, bezie-

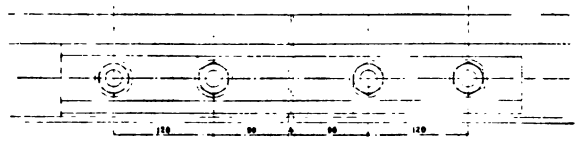


Fig. 3. Stumpfer Stoß.

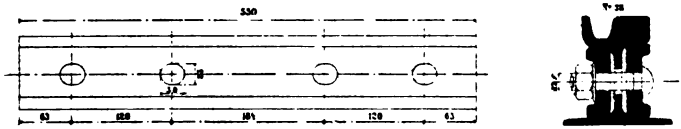


Fig. 4 und 4a. Innenlasche mit Querschnitt.

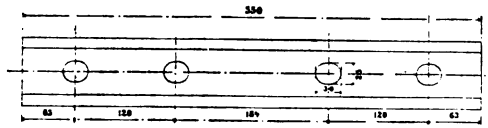


Fig 5. Außenlasche.

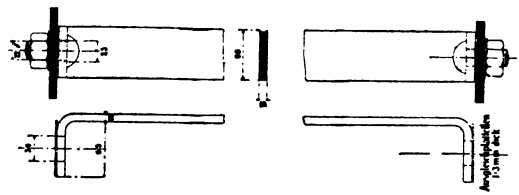


Fig. 6. Spurstange.

hungsweise 10 *m* lange Schienen zeigen Fig. 7 und 8.

Die Gewichte gebräuchlicher Profile sind in nachstehenden Tabellen angegeben, die sich auf das Fabrikat des Hoerder Bergwerks- und Hüttenvereines beziehen.

	Für 9 *m* Geleise bei 1435 *mm* Spur sind erforderlich Profil Nr. 38		
Schienen pr. l. Meter	18 *m*	ca. 32 *kg*	= 576·00 *kg*
Laschen	4 (2 à 7·13; 2 à 7·9 *kg*)		= 30·06 »
Laschenschrauben	8	à 0·53 *kg*	= 4·24 »
Unterlagringe	8	à 0·034 *kg*	= 0·27 »
Spurstangen	4 (60 × 10)	à 6·31 *kg*	= 25·24 »
Spurstangenschrauben	8	à 0·46 *kg*	= 3·68 »
Unterlagringe	8	à 0·034 *kg*	= 0·27 »
Ausgleichplättchen	8	à 0·03 *kg*	= 0·24 »
Gewicht per 1 *m* Geleise ca.			71·11 *kg*
Bei 10 *m* Schienen Gewicht per 1 *m* Geleise ca.			70·40 »

	Für 9 *m* Geleise bei 1435 *mm* Spur sind erforderlich Profil Nr. 42		
Schienen pr. l. Meter	18 *m*	ca. 40 *kg*	= 720·00 *kg*
Laschen	4 (2 à 9·4; 2 à 9·8 *kg*)		= 38·40 »
Laschenschrauben	8	à 0·54 *kg*	= 4·32 »
Unterlagringe	8	à 0·034 *kg*	= 0·27 »
Spurstangen	4 (65 × 10)	à 7·92 *kg*	= 31·68 »
Spurstangenschrauben	8	à 0·46 *kg*	= 3·68 »
Unterlagringe	8	à 0·034 *kg*	= 0·27 »
Ausgleichplättchen	8	à 0·034 *kg*	= 0·27 »
Gewicht per 1 *m* Geleise ca.			88·76 *kg*
Bei 10 *m* Schienen Gewicht per 1 *m* Geleise ca.			87·88 »

Bei den unter das Straßenniveau versenkten Untergrundbahnen (oder Tiefbahnen), sowie bei den Hochbahnen ist die Verwendung der Rillenschienen nicht erforderlich, sondern es kann die gewöhnliche Vignoleschiene, wie sie bei den Eisen-

bahnen allgemein in Verwendung steht, gebraucht werden.

Um die beiden zu einem Geleise gehörigen Fahrschienen gleichmäßig im richtigen Abstand zu halten, pflegt man allgemein zwischen den Stegen der Schienen in etwa 2 *m* Entfernung Spurstangen festzuschrauben, d. h. Flacheisen, die an den Enden umgebogen und mit Schraubenbolzen an den Schienenstegen befestigt sind (Fig. 2 und 6).

Die Spurweite, d. h. die Entfernung der Rillen in dem Schienenkopf von der Außenseite der einen Schiene zur Außenseite der Rille in der anderen Schiene wird bei Straßenbahnen, beziehungsweise

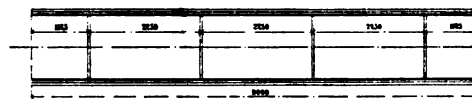


Fig. 7. Geleiseanordnung in gerader Strecke.

Kleinbahnen, je nach Umständen verschieden gewählt. In verkehrsreichen Städten pflegt man die Normalspur der Eisenbahnen hierfür zu wählen, welche 1·435 *m* beträgt. In engen Straßen und kleineren Ortschaften wählt man vielfach 1 *m* Spur. Man verwendet jedoch auch Spurweiten von 75, 65 oder 60 *cm*; geringe Spurweiten werden vielfach für Industriebahnen oder Bergwerksgeleise verwendet.

Ganz besondere Anlagen in den Geleisen sind erforderlich, wenn die direkte Stromzuführung sich nicht als Oberleitung über den Schienen, sondern als Unterleitung in einem unter den Schienen angebrachten Kanal befindet. In diesem Falle pflegt man gewöhnlich die Anlagen in der Weise herzustellen, daß die eine Schiene eine nach dem darunter befindlichen ovalen kleinen Kanal durchgehende Rinne erhält.

In diesem Kanal von etwa eiförmigem, also ovalem Querschnitt ist isoliert durch Porzellan die Stromzuführung, beziehungsweise die Unterleitung angebracht und zwar entweder als einfache Leitung, falls die Schiene als Rückleitung dienen soll, oder als Doppelleitung, falls keine Schienenrückleitung angewendet wird.

Die Weichenanlagen, welche zum Wechseln der Fahrtrichtung auf den Endstationen oder zum Übergang von einem Geleise auf das andere, oder zum Ausweichen bei eingeleisigen Bahnen gebraucht werden, unterscheiden sich im Prinzip sehr wenig von

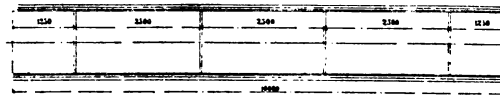


Fig. 8. Geleiseanordnung in gerader Strecke.

den bei Eisenbahnen angewendeten Weichenanlagen, während bei der Unterleitung mit Schlitzkanälen meist umfangreiche und gut fundierte Bauten an den Weichenanlagen erforderlich werden, was in der Konstruktion des Schienenschlitzes und auch der darunter liegenden Stromzuführung begründet ist.

Bezüglich der sonstigen Grundbedingungen für die Anlage von Geleisen, wie sie für Vollbahnen gelten, sind mancherlei Abweichungen bei Straßenbahnen im Niveau der Straßen erforderlich. So kann z. B. die in den Kurven angewendete Überhöhung der Außenschienen einer Geleisekrümmung gewöhnlich nicht angewendet werden, weil dies die Straßenfläche nicht gestattet und auch bei der geringeren Fahrgeschwindigkeit der Flachbahnen hierzu keine besondere Veranlassung vorliegt.

Die Kurven können, entsprechend dem bei Straßenbahnwagen meist geringen Achsenabstand, kleiner sein als bei Eisenbahnen, und da größere Wagen gewöhnlich vier Achsen haben, von denen je zwei in einem unter dem Wagenkasten drehbaren Lenkschemel angeordnet sind, so können vielfach geringe Krümmungen bis etwa zu 15 *m* Radius in den Geleisen angewendet werden.

In Kreuzwegen, sei es in rechtwinkelig oder spitzwinkelig zusammentreffenden Geleisen, pflegt man be-

Fig. 9. Winkelrechte Kreuzung.

sondere Kreuzungsstücke (Fig. 9) die aus dem gleichen Schienenmaterial, aus welchem die geraden Geleise hergestellt werden, gefertigt sind, anzulegen, indem man passende Stücke von Rillenschienen durch entsprechend gebogene schmiedeeiserne Winkel zusammenschraubt und fertig vereinigt zum Bauplatz liefert.

Geleisetechnik bei Straßenbahnen. Entsprechend den eigenartigen von den Eisenbahnen abweichenden Verhältnissen hat sich auch die Einrichtung der Geleise in gewissen abweichenden Formen entwickelt, von denen wir einige charakteristische hier im Bilde wiedergeben.

Fig. 10 zeigt zwei durchgehende gerade Geleise, mit zwei seitlich abgehenden Kurven, die wiederum

mit einer dritten Kurve mit der geraden Strecke in Verbindung stehen, so daß also eine dreieckige Verzweigung der Geleise stattfindet. Eine viel gebrauchte Kurvenanlage zum Verteilen der Wagen in die Wagenschuppen gibt Fig. 11 wieder. Vier kreuzende Geleise, die durch drei Kurven miteinander in Verbindung stehen, sind in Fig. 12 dargestellt. Eine ähnliche Verzweigung an der Ecke einer Straße gibt Fig. 13 wieder.

Fig. 10. Gerade Strecke mit abgehender Kurve.

Die für diese Verzweigungen gebrauchten Herzstücke und Weichenzungen sind in Fig. 14 und Fig. 15 abgebildet.

Bei Hoch- und Untergrundbahnen kann man in gleicher Weise die Geleiseanlagen herstellen, wie bei den Eisenbahnen, indem man gut imprägnierte Holzschwellen bei den Hochbahnen gewöhnlich auf den einzelnen Jochen des Viaduktes anbringt, oder sie in den Tunnels auf einer zuvor in die richtige Ebene gebrachte Tunnelbettung verlegt.

Um den Schall und das Geräusch der schnellfahrenden Züge bei elektrischen Hochbahnen zu dämpfen, hat man z. B. bei der Berliner Hochbahn

den Viadukt in der Weise hergestellt, daß man die Fahrbahn zunächst mit Buckelblechen abgedeckt hat, die mit einer starken Schicht von Bimsbeton ausgefüllt sind, so daß hierdurch eine bedeutende Schalldämpfung erzielt worden ist. Teilweise liegen die Schwellen auch auf besonderer Kiesbettung.

Da man im allgemeinen bei allen elektrischen Straßenbahnen zur Verminderung der Anlagekosten

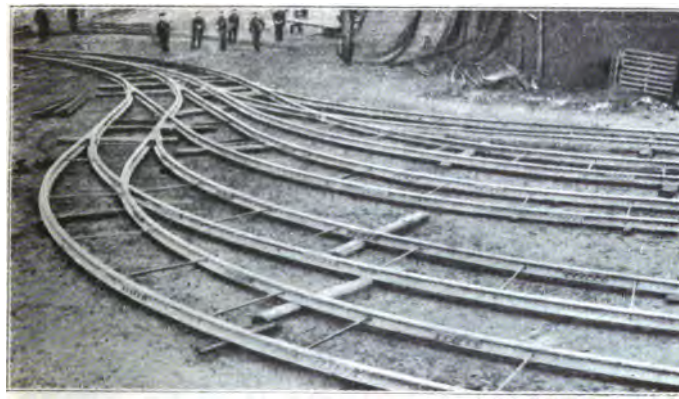


Fig. 11. Kurven für Wagenschuppen.

als Rückleitung die Schienengeleise verwendet und die gewöhnlichen Stoßverbindungen an den einzelnen Schienenköpfen für die Leitung des elektrischen Stromes nicht genügen, so sind besondere Vorkehrungen erforderlich, welche von Schiene zu Schiene sowohl in der Längsrichtung wie in der Querrichtung einen guten metallischen Kontakt erzeugen, so daß der elektrische Widerstand der sämtlichen Schienengeleise einer Strecke ein Minimum wird.

Diese Schienenverbindungen sind je nach der gewählten mechanischen Verbindung der Schienen-

enden sehr verschieden. Bei Laschenverbindungen, bei welchen zu beiden Seiten des Schienensteges eiserne Platten mit 4—6 Bolzen verschraubt werden, gebraucht man kupferne Bügel (Fig. 16), von denen je einer zu jeder Seite einer Schiene fest in den Schienensteg vernietet wird. Oder man bringt unterhalb der Lasche an dem Schienensteg eine biegsame kupferne Verbindung an, welche beim Festschrauben der Lasche zusammengepreßt wird und einen sicheren

Fig. 12. Vier kreuzende Geleise mit drei Kurven.

Kontakt erzielt. (Fig. 17 zeigt die Anbringung eines Verbinders.)

Da man allmählich die Wagen der Straßenbahnen immer mehr vergrößert und dadurch auch ihr Gewicht vermehrt hat, so genügen insbesondere bei den Flachbahnen, die in dem Straßenpflaster versenkte Geleise haben, nicht mehr die gewöhnlichen Laschenverbindungen, und man ist dazu übergegangen, sogenannte Fußlaschen anzuwenden, welche auch von unten den Schienenfuß unterstützen.

Neuerdings hat man auch nach der Erfindung von Scheinig & Hofmann zu Linz in Oberösterreich

einen Schienenschuh konstruiert, der heiß unter die Stoßverbindung gelegt und dann durch einen Stahlkeil festgezogen wird, so daß nach dem Erkalten der Verbindung äußerst fester und sicherer Kontakt, sowie mechanische Festigkeit erzielt wird.

Fig. 13. Kurven und Kreuzungen an einer Straßenecke.

Von anderer Seite hat man nach dem Patent Falk insbesondere in Nordamerika den umgossenen Schienenstoß angewendet. Bei diesem Verfahren werden die Geleise zunächst in gewöhnlicher Weise ausgerichtet, in ihrer Höhe festgelegt und alsdann an den Stoßverbindungen eiserne Formen herumgeschraubt, die oben eine Eingußöffnung haben und den Schienenstoß allseitig umschließen. Während eine Arbeiter-

kolonne die Stoßverbindungen in dieser Weise vorbereitet, ist eine andere mit einem fahrbaren Gebläseofen beschäftigt, gewöhnliches Gußeisen unter Zusatz von Koks zu schmelzen, das aus dem Ofen in Tiegel abgelassen wird, die man nach den Stoßverbindungen trägt und hier in die Formen ausgießt. Man erhält auf diese Weise an jedem Schienenstoß einen um denselben gegossenen Eisenklumpen, der bei der großen Hitze die Schienenenden vollständig verschweißt

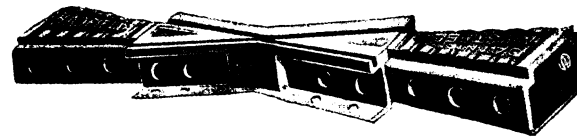


Fig. 14. Herzstück.

Fig. 15. Weichenzunge.

und nach dem Erkalten eine äußerst innige Verbindung darstellt.

In neuester Zeit ist dieses Verfahren des Schweißens der Schienenstöße nach der Erfindung von Dr. Goldschmidt in Essen a. R. noch bedeutend vereinfacht worden. Derselbe hat gefunden, daß eine Mischung von Eisenoxyd mit Magnesium, Thermit genannt, und Zusatz von Eisen in Stücken die Möglichkeit bietet, auf chemischem Wege in kürzester Zeit eine derartige Hitze zu erzeugen, daß das Eisen schmilzt, das Eisenoxyd zu Eisen reduziert wird, indem das Magnesium beziehungsweise Aluminium dem Eisen-

oxyd den Sauerstoff entzieht, und auf diese Weise Schweißungen von Rohren, Stäben, Schienen u. s. w. sehr leicht hergestellt werden können. Bei schon vorhandenen Schienengeleisen schraubt man die Schienenenden mit Klammern fest (Fig. 18), so daß sie sich in etwa 10 *mm* Entfernung voneinander befinden, umgibt den Schienenstoß mit entsprechenden Formen aus feuerfestem Ton, umstampft die Formen mit feuchtem Sand und setzt dann auf einen eisernen Dreifuß einen gleichfalls mit feuerfestem Ton ausgekleideten trichterförmigen eisernen Schmelztiegel. Die Fig. 19 zeigt das Schweißen nach diesem Verfahren in dem Augenblick, wo ein Arbeiter das Gemisch in dem Tiegel angezündet hat und dasselbe unter lebhafter Rauch und Glutentwicklung zu schmelzen beginnt. Für eine derartige Schienenverbindung sind etwa 10 *kg* Thermit erforderlich, die bereits fertig abgewogen sich in Säcken befinden. Der Schmelztiegel wird über eine seitliche Einflußöffnung gesetzt, unten mit Asbest und einer dünnen Eisenscheibe geschlossen und das Thermit alsdann hineingeschüttet. Über der Einflußöffnung in der Chamotteform liegt ein flacher Hebel (Fig. 20) mit einem eisernen Stoßbolzen, durch welchen man im richtigen Augenblick die geschmolzene Masse zum Abfließen bringt, indem man den Hebel mit einem Stoßbolzen in die Höhe drückt und hierdurch das

Fig. 16. Schienenverbinder.

etwa noch nicht geschmolzene Eisenplättchen mit der Asbestunterlage durchstößt und den Hebel schnell zur Seite dreht, wie dies in Fig. 18 und 20 dargestellt ist.

Das ganze Verfahren ist derartig einfach, daß es von jedem Arbeiter leicht erlernt werden kann, und

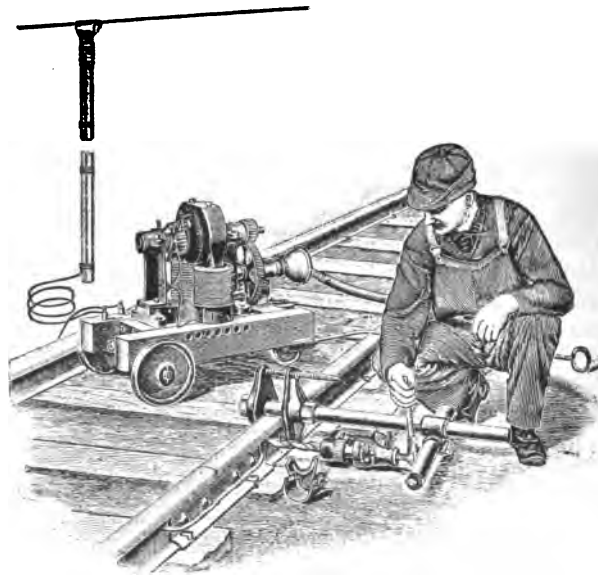


Fig. 17. Anbohren der Schienen für den kupfernen Verbinder.

es kostet nicht mehr, unter Umständen sogar weniger, als die gewöhnliche Laschenverbindung. Die Herstellung einer solchen Schweißstelle, das Zusammenschrauben und Anbringen der Form, Aufstellen des Tiegels und das Schmelzen dauert für jede Schweißstelle nicht mehr wie etwa eine halbe Stunde und läßt sich bei neuen Geleisen wohl auch noch in kürzerer Zeit vornehmen.

Auch bei diesem Verfahren findet eine äußerst innige Verschweißung der Schienenenden statt, die ähnlich, wie bei dem Falkschen Verfahren, mit einem Eisenklumpen, jedoch von etwas geringeren Abmessungen umgeben sind. Beide Verfahren, sowohl nach

Fig. 18. Schienenschweißen mit Thermit.

dem Patent Falk, wie nach Dr. Goldschmidt sind bezüglich ihrer Festigkeit und Leitfähigkeit wohl ziemlich einander gleichwertig, jedoch das Schweißen mit Thermit ist einfacher und billiger. Die bisher damit gemachten, zahlreichen Schweißversuche bei Straßenbahnen haben durchaus befriedigt und sind von 100 angelegten Schweißstellen nicht mehr wie etwa 1—2 im späteren Betriebe reparaturbedürftig geworden.

2. Die Leitungsanlagen.

Allgemeines.

Wir unterscheiden bei den Leitungsanlagen für die Stromzuführung der elektrischen Kraft die Speiseleitungen und die Arbeitsleitungen. Die Speiseleitungen bestehen im allgemeinen in unterirdisch verlegten Kabeln, welche die elektrische Energie derartig den Arbeitsleitungen zuführen, daß selbst bei starkem Verkehr, also größerem Stromverbrauch, möglichst gleichbleibende Spannung von durchschnittlich 500 Volt in allen Punkten eines Straßenbahnsystems erreicht wird.

Es ist eine große Schwierigkeit und mehr einem glücklichen Griff und einer allgemeinen Erfahrung überlassen, wo man die Speisepunkte für die Zuführung der Kraft anzubringen hat und welchen Querschnitt die Kabel erhalten müssen. Bei den Hochbahnen, Untergrundbahnen, oder auch bei Vorortebahnen ist man eher in der Lage, durch Rechnung auf Grund eines graphischen Fahrplanes den Stromlauf für jeden Augenblick des Betriebes zu berechnen, während man bei den Flachbahnen, die in den Straßen selbst verkehren, eine den wirklichen Verhältnissen angemessene Rechnung kaum durchführen kann, weil nämlich durch mancherlei Vorkommnisse oft und leicht eine größere Ansammlung von Straßenbahnwagen eintreten kann, und zwar an Punkten, die sich niemals voraussehen

lassen und infolgedessen an diesen Punkten unvermutet hohe Stromstärken erforderlich werden. Derartige Vorfälle werden z. B. veranlaßt durch einen auf den Geleisen zusammengebrochenen Lastwagen, der den ganzen Verkehr für längere oder kürzere Zeit behindern kann. Die Wagen müssen in diesem Falle entweder so lange warten, bis das Hindernis beseitigt ist, oder sie müssen auf Umwegen nach anderen Linien in andere Straßen abgelenkt werden. Eine andere Betriebsstörung und Anhäufung von Wagen kann dadurch eintreten, daß an den Speisepunkten etwa Hauptbleisicherungen der Kabel durchschmelzen und infolgedessen die Wagen einer Linie stehen bleiben müssen, während von den Seitenlinien die noch Stromzuführung haben, immer weitere Wagen hinzukommen.

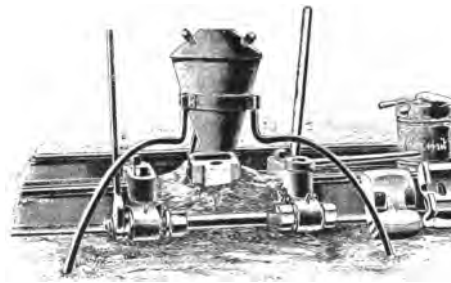


Fig. 19. Tiegel über der Form.

Bei Hochbahnen und Untergrundbahnen wird man naturgemäß die Kabel nicht in den Erdboden einbetten, sondern neben den Geleisen auf besonderen Trägern anbringen.

Die Arbeitsleitungen, welche den Strom aus den Verteilungs-, beziehungsweise Speiseleitungen dem fahrenden Wagen zuführen, bestehen bei Flachbahnen

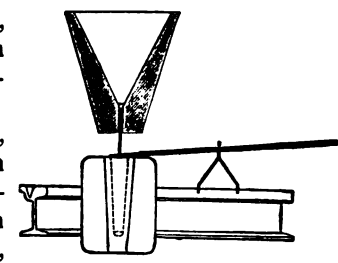


Fig. 20. Tiegel mit Ablaßvorrichtung.

lediglich in oberirdischen, mitten über den Geleisen angebrachten Hartkupferdrähten, die je nach Stärke des Verkehrs 6—11 *mm* Durchmesser erhalten. Im allgemeinen wendet man für die Arbeitsdrähte 8 *mm* starkes Hartkupfer an, das also rund 50 mm^2 Querschnitt hat. Um eine bessere Stromverteilung zu erhalten, und an Speiseleitungen zu sparen, pflegt man bei den kürzeren eingeleisigen Bahnen zwei Leitungen dicht nebeneinanderanzubringen, die für die beiden Fahrtrichtungen dem Wagen den Strom zuführen, so daß man also den doppelten Querschnitt für die Stromzuführung verfügbar hat und bei etwaigen Leitungsstörungen nur die eine Fahrtrichtung unter Umständen gestört sein wird. Bei zweigeleisigen Straßenbahnen erhält naturgemäß jedes Geleise einen besonderen Fahrdraht von rundem oder 8-förmigem Querschnitt.

Fig. 21. Gerade Tragöse.

Fig. 22. Ankeröse.

Fig. 23. Speiseöse.

Fig. 24. Spleißöse.

Bei den Hoch- und Untergrundbahnen, die ja meistens bei starkem Verkehr mehrere Wagen in Zügen vereinigt haben, wendet man gewöhnlich nicht blanke Kupferdrähte als Arbeitsleitungen an, sondern eiserne Schienen etwa in Form und Größe wie die Vignolschiene der Eisenbahnen, von welchen durch besondere Kontaktvorrichtungen (Gleitschuhen) der

Strom dem Motorwagen zugeführt wird. Naturgemäß erfordert die ziemlich hohe Spannung von 500 Volt sorgfältige Isolierung der Leitungen vom Erdboden, die bei den oberirdischen Arbeitsdrähten in den Straßen gewöhnlich doppelt ausgeführt wird, indem man zunächst den Fahrdraht an einem besonderen Isolator befestigt, und diesen Isolator wieder durch einen kürzeren oder längeren Isolator aufhängt, der an seinen beiden Enden wiederum durch besondere Vorrichtungen isoliert ist.

Um etwaige Störungen durch Leitungsbruch, Blitzschlag, Schmelzen von Sicherungen u. dgl. möglichst einzuschränken, und um bei Veränderungen, Häuserbränden etc.

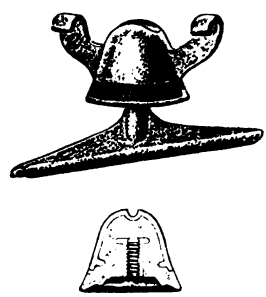


Fig. 25. Hängeisolator.

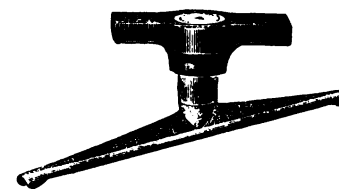


Fig. 26. Wagenschuppenisolator.

die blanken Arbeitsleitungen jederzeit schnell stromlos machen zu können, pflegt man den Arbeitsdraht in Abständen von etwa 500—1000 *m* durch besondere Einrichtungen (Sektionsösen oder Sektionsschalter) zu teilen, indem man innerhalb des Fahrdrahtes einen Sektionsschalter einsetzt, der in einem besonderen Kästchen an der Wand des nächsten Hauses oder an einem Pfosten angebracht ist.

Wo verschiedene Strecken oder die Leitungen verschiedener Ösen, beziehungsweise von verschiedenen Kraftwerken zusammentreffen, werden ähnliche Sektionsösen oder auch Streckenisolatoren in den Arbeitsdraht

eingefügt, damit zwar die Wagen ungehindert von einer Strecke auf die andere übergehen können, jedoch die Stromzuführung stets getrennt bleibe.

Die Anbringung der Arbeitsleitungen bei Hoch- und Untergrundbahnen, beziehungsweise bei Vorortebahnen, welche mehr oder minder den Eisenbahnen nachgebildet sind, macht keine besonderen Schwierigkeiten, während die Arbeitsleitungen der Straßenbahnen, welche im Straßenniveau fahren, jedoch in ganz eigenartiger Weise aufgehängt und befestigt werden müssen, damit die Stromzuführung ohne Hindernis von statten gehen könne.

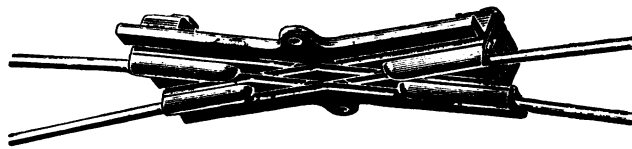


Fig. 27. Feste schräge Kreuzung.

Der den Strom aus den Arbeitsleitungen abnehmende und später zu beschreibende Kontakt berührt die Arbeitsleitung auf seiner unteren Hälfte, so daß sämtliche Arbeitsdrähte nicht wie bei den Telegraphenleitungen auf Porzellanisolatoren festgebunden werden können, sondern sie müssen möglichst mitten über dem Geleise freischwebend aufgehängt werden und zwar gewöhnlich in einer Höhe von 5—6 *m*. Auch soll die Höhe über den Schienen innerhalb eines Straßenbahnbezirks überall möglichst die gleiche Höhe haben, damit die Stromentnahme unter möglichst gleichen Verhältnissen stattfinden kann.

Für diese Zwecke hat man infolgedessen ein besonderes Leitungssystem ersonnen, das wir nachstehend näher beschreiben wollen.

Die Tragkonstruktion der Oberleitung.

Da die Arbeitsdrähte im allgemeinen mitten über den Geleisen sich befinden müssen, so ist man genötigt, sie an Queraufhängungen, d. h. an 4—6 *mm* starken verzinkten Stahldrähten oder Stahldrahtseilen aufzuhängen. Diese Querdrähte befestigt man entweder an seitwärts der Straße aufgestellte Pfosten, an Wandplatten mit Haken oder Wandrosetten, die man an den Wänden der Häuser anbringt, oder man wählt unter Umständen auch Auslegerbefestigung, indem man einerseits oder an der Mitte der Straße mehr oder minder dekorativ gehaltene Säulen aufstellt, die

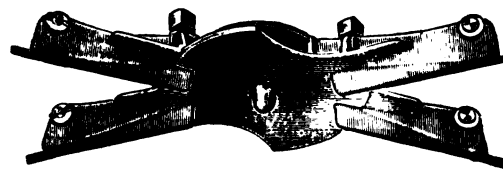


Fig. 28. Verstellbare Kreuzung.

einerseits oder beiderseits Ausleger erhalten, an welchen man die Querdrähte, die in letzterem Falle kürzer gewählt werden können, als wenn sie über die ganze Straße zu spannen sind, isoliert befestigt.

Als Isoliermaterial für diese Oberleitungen kann man im allgemeinen Porzellanisolatoren, wie man sie sonst für Lichtleitungen oder Telegraphenleitungen anwendet, nicht gebrauchen, sondern man hat für diese Zwecke Isoliermaterialien hergestellt, welche ein möglichst hohes Isoliervermögen besitzen, jedoch sehr zähe und nicht so brüchig wie Glas oder Porzellan sind und dabei eine bedeutende mechanische Festigkeit besitzen. Zu diesen Materialien gehört zum Beispiel das Ambroin, oder eine Mischung von Asbest mit Harzen, Hartgummi, vulkanisierbarem Gummi

u. dgl. Das Material muß naturgemäß auch gegen die Einflüsse der Witterung unempfindlich sein und vor allen Dingen keine Feuchtigkeit annehmen, da in diesem Falle das Isoliervermögen unter Umständen bedeutend herabgemindert werden könnte.

Die Oberleitungen.

Das Material für die Befestigung und Isolierung der Oberleitungen, welche als Arbeitsdrähte für die Stromzuführung dienen, ist, wie gesagt, entsprechend der Verwendungsart der Leitungen ganz abweichend von den sonst üblichen Konstruktionen elektrischer Leitungen eingerichtet. Der 6—8*mm* starke Arbeitsdraht wird gewöhnlich alle 38 bis 40 *m* unterstützt, beziehungsweise aufgehängt und nur in Krümmungen sind Unterstützungen in geringeren Abständen erforderlich. Die Befestigung des Arbeitsdrahtes geschieht im allgemeinen durch Anlöten, bei einigen Fabrikaten auch durch Verschraubung zwischen geteilten, entsprechend gekrümmten Backen.

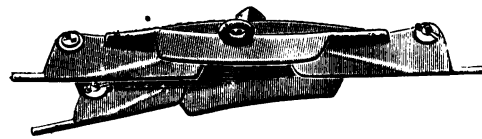


Fig. 29. Rechtsweiche für Fahrdrähte.

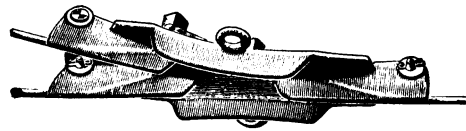


Fig. 30. Linksweiche.

Die gerade Tragöse für das Anlöten des Fahrdrahtes ist in Fig. 21 dargestellt. Da in Abständen von 300—500 *m* der gerade ausgespannte Draht verankert werden muß, so gebraucht man für diese

Zwecke die Ankerösen (Fig. 22). Für die Stromzuführung in den Speisepunkten dient eine Speiseöse (Fig. 23), nach welcher an besonderen Porzellan-Isolatoren oder Porzellan-Rollen mit wettersicherer Bespinnung umgebene Leitungen auf dem Hängedraht entlang nach der Speiseöse geführt werden. Da der Arbeitsdraht in verschiedener Länge geliefert wird, die höchstens 1·5 *km* beträgt (siehe die Lieferungsbedingungen), so sind auch Spleisösen (Fig. 24) erforderlich, an denen die Enden umgebogen und ver-

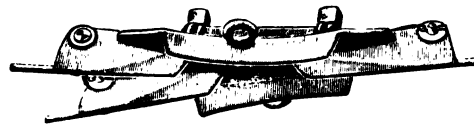


Fig. 31. Y-Weiche für zwei Abzweigungen.

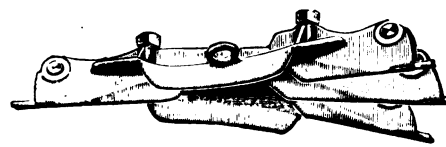


Fig. 32. Weiche für drei Abzweigungen.

lötet werden. Um in gerader Strecke, wo keine Öse vorhanden ist, gleichfalls die Enden des Arbeitsdrahtes verbinden zu können, hat man besonders gestaltete, einer Zigarre etwa ähnliche Schraub- oder Lötmuffen angewendet.

Die Befestigung der soeben beschriebenen Ösen, die oben einen Stutzen mit Gewinde haben, geschieht an sehr verschieden gestalteten Isolatoren, die teils am Querdraht aufgehängt werden, wie der Hänge-Isolator (Fig. 25), teils an Deckenbalken o. dgl. verschraubt werden, wie der Wagenschuppenisolator (Fig. 26).

Außer diesen Trag- und Isoliervorrichtungen sind auch noch besondere Vorrichtungen für Kreuzungen und abzweigende Linien erforderlich, so zeigt z. B. Fig. 27 eine feste schräge Kreuzung und Fig. 28 ein verstellbares Kreuzungsstück, das je nach dem Winkel, unter welchem zwei Linien sich kreuzen bis zu 90° eingestellt werden kann.

Entsprechend den Schienen-Weichen erfordert der Fahrdraht naturgemäß auch Luftweichen, die so angelegt werden müssen, daß die Kontaktrolle rechtzeitig die Weiche passiert, wenn der Wagen sich in der Schienen-Weiche befindet. Derartige Luftweichen sind in den nachstehenden Fig. 24—32 abgebildet. Es zeigt z. B. Fig. 29 eine Rechtsweiche, Fig. 30 eine Linksweiche. Für zwei abzweigende Richtungen aus gerader Strecke dient die Y-Weiche (Fig. 31), während für drei aus gerader Strecke abgehende Zweige die Weiche Fig. 32 gebraucht wird.

Fig. 33. Kugelisolator.

Um die Isolation der elektrischen Fahrdrähte einerseits zu erhöhen und anderseits auch bei etwaigen Arbeiten, Reparaturen, Änderungen u. dgl. während des Betriebes, also unter Strom, die Arbeiter vor Beschädigungen und elektrischen Schlägen zu schützen, hat man allgemein doppelte Isolierung der Arbeitsdrähte angewendet, nämlich einmal durch den Isolator, welcher die Tragöse festhält und dann durch besondere Isolierung beiderseits an den Hängedrähten. Für diese Zwecke hat man je nach Umständen und Bauart verschiedene Einrichtungen getroffen. Entweder gebraucht man hierzu einfache Rollen aus Perenit,

ähnlich wie flache Porzellanrollen gestaltet oder an gewissen Stellen auch Kugelisolatoren (Fig. 33) und bei Aufhängung des Fahrdrahtes an Wandplatten besonders gestaltete Isolatoren mit Schalldämpfern, damit das Geräusch des Stromabnehmers während des

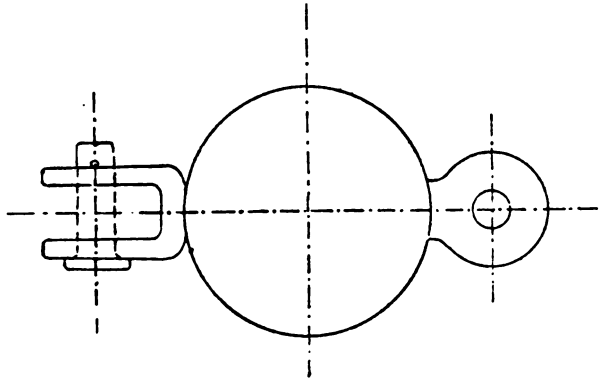


Fig. 33a. Kugelisolator (Schema).

Fahrens der Motorwagen sich nicht störend in den Wohnungen bemerkbar macht. Bei Aufhängung des Fahrdrahtes an Masten ist außerdem vielfach noch das in Fig. 34 abgebildete Spannschloß im Gebrauch, bei welchem nachträgliches Anspannen des Hängedrahtes möglich ist.

Fig. 34. Spannschloß am Mast.

Da die verhältnismäßig hohe elektrische Spannung der Oberleitungen von 500 Volt den sie kreuzenden Schwachstromleitungen, insbesondere den Telephondrähten gefährlich werden kann, indem beim Reißen der Leitung ein Draht auf die Oberleitung

fallen könnte, so hat man allgemein besondere Schutzvorrichtungen gegen diese Gefahr eingeführt (siehe die Vorschriften bei Telegraphenbehörden, welche später mitgeteilt sind). Man spannt zu diesem Zwecke entweder Schutznetze, unter die Schwachstromleitungen oder bringt einen geerdeten Schutzdraht etwa 30 *cm* über der Oberleitung nach dem System Siemens & Halske an. Sehr viel in Gebrauch ist auch die in Fig. 35 in Ansicht und Querschnitt dargestellte Schutzleiste, die aus imprägniertem Holz oder geeignetem Gummimaterial besteht und durch kleine auf die Drähte festgelötete messingene Reiter festgehalten wird.

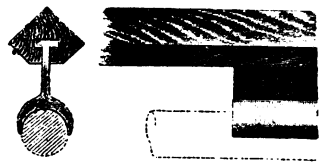


Fig. 35. Schutzleiste.

Übersicht der Oberleitungsteile.

Die oberirdische Streckenausrüstung besteht nach dem Gesagten aus der Tragkonstruktion und den Fahrdrähten. Die Tragkonstruktionen für die Fahrdrähte werden durch Querdrähte gebildet, die an gewissen Unterstützungen, Masten, Auslegern, Gebäuden befestigt sind. Jeder Fahrdraht ist an seinen beiden Enden oder auch nochmals in der Mitte je nach Umständen zu isolieren, an Gebäuden werden auch Schalldämpfer angebracht und der Fahrdraht hängt an besonders gestalteten Isolatoren, die von den Querdrähten getragen werden.

Für Rollenkontakte pflegt man gewöhnlich den Fahrdraht anzulöten, für den Bügelkontakt ist vielfach eine Verschraubung in Gebrauch. Nachstehend ein Verzeichnis der hauptsächlichsten Teile für Oberleitungen:

1. Allgemeine Oberleitungsteile. Wirbelisolator mit Spannvorrichtung, Wirbelisolator mit langem Spannschloß, Halter für gerade Strecken, Kurvenhalter, Kurventräger, doppelter Kurvenhalter, doppelter Kurventräger, Kurventräger mit Kugelisolatoren, Deckenhalter, Verankerungsstücke, Drahthalter zum Klemmen mit Anschlußputzen, Drahthalter zum Löten, Drahthalter zum Löten mit Anschlußputzen, Drahthalter zum Löten für Kabelanschlüsse. Drahthalter für Drahtverbindungen, Drahthalter mit Verankerungsösen, Kurvenspanner für Bügelkontakt.

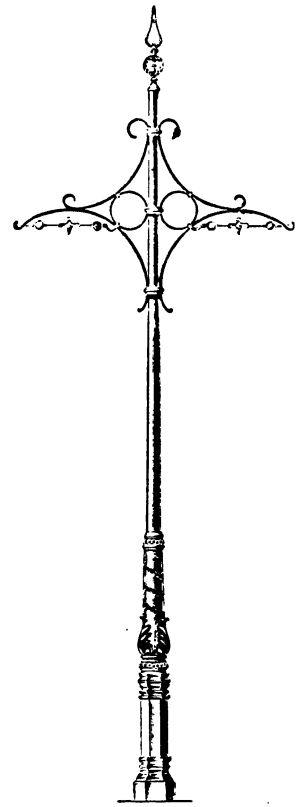


Fig. 36. Verzierter eiserner Mast.

2. Weichen und Kreuzungen. Luftweiche zum Löten, Luftweiche zur mechanischen Betätigung, Luftweiche für Bügelkontakt, verstellbare Kreuzung, feste rechtwinkelige Kreuzung, verstellbare isolierte Luftkreuzung.

3. Besondere Materialien, Schalldämpfer, Verbindungsmuffe zum Löten, Verbindungsmuffe zum Schrauben, Kurvenösen, Streckenisolator, Streckenisolator mit Funkenunterbrechung, Drahtbefestigung an Rohren, Auslegern.

4. Isolatoren. Isolator für Hängeösen, für Spanndrähte, Doppelisolator, Kugelisolator bis zu 3600 *kg*

Fig. 37. Liverpooler Maste.

Zugfestigkeit, Kugelisolator bis zu 2500 *kg* Zugfestigkeit, Kugelisolator für Weichen, Kurvenösen mit Kugelisolator, Rollenisolatoren zur Drahtbefestigung an Klemmenauslegern (Perenitrollen).

Fig. 38. Doppelter Ausleger für vier Drähte.

5. Schienenverbinder. Schienenverbinder »Chicago« Schienenverbinder »Columbia«, Schienenverbinder, »Berlin«.

Konstruktion der Unterstützungen.

Wie wir schon erwähnt haben, bestehen die Unterstützungen der Arbeitsleitungen aus Masten mit Queraufhängung, einseitigen oder beiderseitigen Auslegern. Wo man jedoch zwischen Häusern Gelegenheit hat, die Masten zu ersparen, verankert man die Querdrähte

an Wandplatten, die man in dem Mauerwerk der Gebäude befestigt.

Die Länge der Masten, beziehungsweise die Höhe,

Fig. 39. Verzierter Mast mit doppeltem Ausleger für zwei Drähte.

in welcher der Hängedraht anzubringen ist, richtet sich einmal nach der überall möglichst gleichen Höhe des Querdrahtes über der Schienen-Oberkante, die, wie

schon erwähnt, 5·5 *m* oder 6 *m* beträgt und im übrigen nach der Entfernung des Befestigungspunktes des Querdrahtes von dem zu tragenden Arbeitsdraht.

Die Neigung dieser Quer-, beziehungsweise Hängedrähte beträgt auf den laufenden Meter nicht mehr als 10 *cm* und hieraus ergibt sich also die erforderliche Höhe der Masten, beziehungsweise der Wandplatten. Je weiter ab also der Befestigungspunkt des Hängedrahtes sich von dem Arbeitsdraht befindet, um so höher muß der Mast sein oder der Anbringungspunkt der Wandplatten liegen.

Fig. 40. Auslegermast für Dickinsonsystem mit einem Draht.

Im allgemeinen kommt man für diese Zwecke mit Masten von 9—12 *m* Länge aus, welche man 1·7 — 2 *m* in den Erdboden einsenkt. Um den Stützen oder Säulen die genügende Stabilität zu geben, pflegt man sie in ein trichterförmiges Loch zu setzen, das man mit Steinen, Beton o. dgl. sorgfältig ausfüllt.

Bei leichteren Gittermasten, die man nicht in dieser Weise ummauern will oder kann, pflegt man eine größere Standfestigkeit dadurch zu erreichen, daß man Wellblechstücke seitwärts einnietet oder festbindet.

welche die Druckflächen gegen den Erdboden vergrößern und hierdurch die erforderliche Standfestigkeit des Mastes gewähren.

Sehr hohe Masten, etwa über 15 *m* Länge, pflegt man aus verschieden geformten Walzeisen als Gittermasten von quadratischer oder rechteckiger Form herzustellen. Auch werden nach besonderem Verfahren gewalzte Rohre hergestellt, die wie bei dem Mannesmann-Verfahren ohne Naht in Absätzen gewalzt werden, während andere Fabriken eine oder vier Walznähte anwenden und die Rohre in konischer Form ohne Absatz herstellen.

Fig. 11. Auslegermast für Dickinsonsystem mit zwei Drähten.

Holzmasten werden nur sehr selten und in kleineren Ortschaften gebraucht. Sie haben gewöhnlich selbst bei imprägniertem Holz keine größere Dauer als etwa 10—12 Jahre, während die eisernen Masten bei sorgfältigem Anstrich gegen Rosten mindestens 50 Jahre gebrauchsfähig bleiben und die flachen Gittermasten gewöhnlich nicht viel teurer kommen als gut imprägnierte starke Holzmasten. In großen Städten verwendet man neuerdings guß-

eiserne Hohlrohr-Masten, von denen einige nachstehend abgebildet sind. Fig. 36 zeigt zum Beispiel einen dekorativ gehaltenen eisernen Rohrmast mit zwei seitlichen Auslegern für je einen Fahrdraht. Fig. 37 zeigt einen ähnlichen Mast, der in halber Höhe außerdem noch zwei Laternen trägt, wie dieselben zum Beispiel bei der städtischen Straßenbahn in Liverpool im Gebrauch sind.

Ein Mast mit doppeltem Ausleger für je zwei seitlich angebrachte Arbeitsdrähte ist in Fig. 38 dargestellt, nach der Konstruktion in Dublin.

Besonders dekorativ gehaltenen Mast mit doppeltem Ausleger zeigt Fig. 39.

Die Anbringung der Arbeitsleitung seitwärts vom Geleise nach dem System Dickinson ist in Fig. 40 dargestellt. Einen besonders langen Ausleger mit zwei Arbeitsdrähten für ein Geleise und Wagen mit Dachsitzen gleichfalls nach dem System Dickinson zeigt Fig. 41.

Unterirdische Stromzuführung.

Um die Gefahren der Oberleitungen zu vermeiden und das Aussehen der Straßenbahnen nicht zu stören, hat man schon seit Jahren mehrfach auch unterirdische Stromzuführungen konstruiert und in der verschiedensten Weise ausgeführt. Im allgemeinen hat sich bis jetzt jedoch nur das System mit Schlitzkanal bewährt, während die sogenannten Knopfsysteme mit Teilleitern, bei denen die Leitungen völlig abgeschlossen liegen, bisher wenig Aussicht auf praktische Brauchbarkeit gegeben haben. Im größeren Maßstabe ist hauptsächlich die Siemens'sche Konstruktion in Anwendung gekommen, die sich seit Jahren sowohl in Budapest wie in Berlin als durchaus betriebstüchtig erwiesen hat.

Die Einrichtungen dieser Unterleitung von Siemens & Halske sind folgende*):

Die eine Schiene, in der einen Fahrtrichtung gewöhnlich links in der anderen rechts, bildet einen 30 *mm* breiten Spalt, unter welchem sich ein ovaler Kanal von 340 *mm* Weite und 450 *mm* Höhe befindet (Fig. 42); derselbe ist in der Weise hergestellt, daß

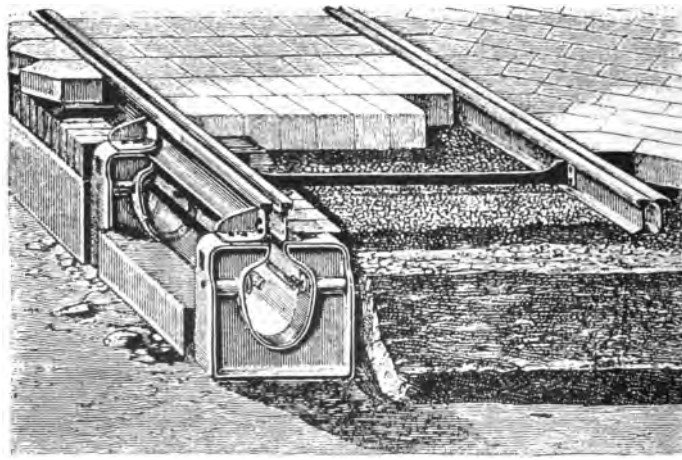


Fig. 42. Unterleitung.

man etwa alle 2 *m* gußeiserne Rahmen aufgestellt hat, auf welchen oben die geteilte Doppelschiene (System Haarmann) festgeschraubt wird. Der Kanal wird in der Weise hergestellt, daß man in der ovalen Form, die er bekommen soll, Schalbretter befestigt und um dieselben in viereckiger Form Beton stampft, so daß ein fortlaufender Kanal gebildet ist. Um das sich etwa ansammelnde Tagwasser abzuleiten, wird an geeigneten Punkten der Kanäle dasselbe in Schächten gesammelt

*) S. a. Elektrot. Zeitschrift 1898, Heft 38.

und entweder nach der Kanalisation, nach einem fließenden Gewässer oder sonst geeignetem Graben abgeführt.

Die Arbeitsleitungen bestehen aus schwachen T-förmigen Schienen, die an besonderen Isolatoren festgeschraubt sind. Alle 2 *m* befindet sich unter einem abnehmbaren Verschlußdeckel ein Isolator, der in diesem Falle aus starkem Porzellan gebildet ist. Die Einrichtung ist derartig getroffen, daß man nach Herstellung des Kanals die Arbeitsleitungen einbringen und befestigen kann; auch ist es möglich, Reparaturen daran zu machen oder einzelne Stücke auszuwechseln und zwar lediglich von den alle 2 *m* befindlichen Handlöchern aus. Die Arbeitsleitungen sind beiderseits im Kanal derartig angebracht, daß sie weder von oben sichtbar sind, noch mutwillig leicht berührt werden können. Der Stromabnehmer, der an anderer Stelle beschrieben ist, wird vom Wagen aus in den Schlitzkanal hinabgesenkt und berührt mit zwei Kontaktplatten die beiderseits gelegenen Arbeitsleitungen.

In Berlin hat man besonders komplizierte und kostspielige Anlagen an gewissen Stellen mit Unterleitung errichtet, um den bisher teilweise vorhandenen Akkumulatorenbetrieb (gemischten Betrieb) zu beseitigen, ohne daß man Oberleitungen, die sonst in den Straßen vorhanden sind, anzulegen genötigt war, so daß man einen gemischten Betrieb mit Oberleitung und teils mit Unterleitung nunmehr eingeführt hat. Derartige Strecken sind z. B. vor dem Brandenburger Tor, bei Überschreitung der Straße Unter den Linden in Berlin und vor dem Charlottenburger Schloß angelegt worden. Die Weichenanlagen werden an diesen Stellen von besonderen Weichenstellern bedient, da sie vom Wagen aus, wie dies sonst bei Straßenbahnen üblich ist, nicht gestellt werden können.

Hülfsgeräte.

Die eigenartige Konstruktion der Unter- und Oberleitungen auf Straßenbahnen erfordert naturgemäß auch besondere Geräte und Werkzeuge für deren Herstellung.

Fig. 43. Montagewagen der Halle'schen Straßenbahn.

Hierzu gehören vor allen Dingen Montagewagen der verschiedensten Konstruktionen, Drahtwagen, Haspelkarren, von denen man sowohl den bronzenen Fahrdraht als auch den stählernen Hängedraht nach Be-

darf abwickelt. Einzelne Straßenbahn-Gesellschaften kombinieren auch wohl die Montagewagen mit den Drahthaspeln oder sie wenden einen besonderen Haspelwagen an, der nicht von Menschen gezogen, sondern von Pferden fortbewegt wird, wie dies auch bei den Montagewagen üblich ist.

Fig. 43 stellt einen Montagewagen der Halleschen Straßenbahn dar, bei welchem eine Doppelleiter angebracht ist, zwischen welcher ein Zelt mit den erforderlichen Werkzeugen befestigt ist.

Da jedoch für viele Zwecke, besonders bei Arbeiten während des Betriebes, Wagen mit seitlich überragender Plattform und auch von verschiedener Höhe erforderlich werden, so hat man die verschiedenartigsten Konstruktionen für diese Zwecke hergestellt.

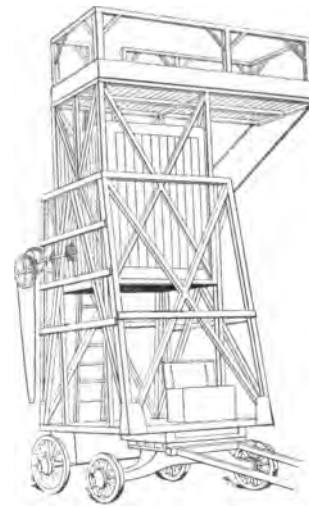


Fig. 44. Montagewagen der Union Elektrizitäts-Gesellschaft.

Fig. 44 stellt einen vielgebrauchten Montagewagen (Turmwagen) der Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin dar, bei welchem die Plattform durch ein Räderwerk und Drahtseile in verschiedene Höhe gestellt werden kann. Seitwärts sind Stützen vorhanden, welche der Plattform besondere Festigkeit geben.

Eine ähnliche Konstruktion, jedoch einfacherer und leichterer Bauart, zeigt Fig. 45. Die Plattform wird hier durch vier eiserne Röhren getragen, welche

in Ecksäulen geführt werden. Die Höhenlage wird durch eine Schraubenspindel in der Mitte verändert. Die Plattform bildet zwei Teile, so daß der überragende Teil nach Entfernen des Geländers hochgeklappt werden kann und dieselbe beim Transport des Wagens kein Hindernis bildet. Derartige Wagen sind zum Beispiel bei der Thorner Straßenbahn im Gebrauch. Eine ganz ähnliche Konstruktion, jedoch ohne verstellbare Plattform, zeigt Fig. 46.

Fig. 45. Montagewagen der Thorner Straßenbahn.

Die Konstruktion Fig. 47 der Dresdener Straßenbahn hat zwar eine in ihrer Höhenlage verstellbare, doch seitwärts nicht hervorstehende Plattform.

Allen diesen Konstruktionen gemeinsam ist gewöhnlich die Anbringung eines Werkzeugschrankes und eines Werkzeugkastens, der vielfach zugleich Kutschersitz ist. Außerdem pflegt man die Plattform von dem Wagenuntergestell, falls dies aus Eisen besteht, vollkommen elektrisch zu isolieren, damit bei Arbeiten während des Betriebes, bei denen also die Leitungen stets unter Strom stehen, die Arbeiter vor Beschädigungen und elektrischen Schlägen geschützt sind.

Für die Montage von Doppelleitungen, schweren Auslegern u. dgl. ist besonders in England der in Fig. 48 dargestellte Montagewagen im Gebrauch, dessen Anwendung während des Betriebes in Fig. 49 noch besonders dargestellt ist. Derselbe dient zugleich als Mannschaftswagen.

Die Charlottenburger Straßenbahn verwendet nach der Konstruktion von Siemens & Halske den in Fig. 50 dargestellten Montagewagen, bei welchem die Plattform sowohl in ihrer Höhe verstellbar, als auch nach allen Richtungen drehbar ist. Der untere Teil bildet einen verschlossenen Raum mit Werkzeugschrank und Materialregalen. Zum Besteigen der Plattform dient vorn eine eiserne Leiter, unter welcher der Kutscher sitzt. Hinten ist noch ein besonderer Schraubstock für den Gebrauch bei den Arbeiten angebracht.

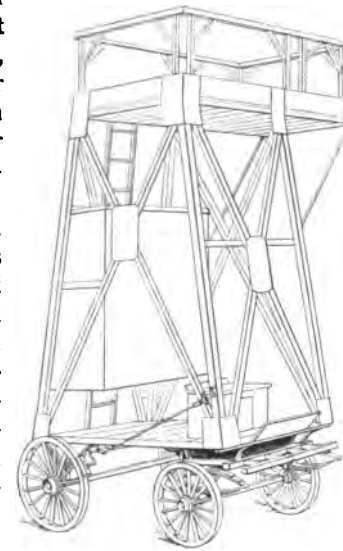


Fig. 46. Montagewagen mit fester Plattform mit Ausleger.

Große schwere Masten, wie sie zum Beispiel aus Mannesmann-Rohren in drei Absätzen aus einem Stück gewalzt werden, kann man nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln und Beihilfe von 8—10 Mann gewöhnlich aufrichten. Man verwendet daher auch vielfach den in Fig. 51 dargestellten Mastenkran. Derselbe hat auf dem hinteren Ende zwei Winden, von denen die eine dazu dient, den Ausleger in verschiedene Steigung nach vorn zu bringen, während die zweite Winde für das Hochwinden des Mastes angewendet wird, so daß wenig Leute ohne große Mühe selbst die schwersten und höchsten Säulen verhältnismäßig leicht handhaben können.

Zum Auf- und Abladen von Kabelrollen für unterirdische Leitungen u. dgl. dient der in Fig. 51a dar-

gestellte Kabelkran, welcher in der Weise gebraucht wird, daß man ihn an den Wagen, welcher zu Beladen oder Entladen ist, heranfährt und die Kabelrollen in einer ledernen Schleife oder in einem festen Handgurt mit dem Doppelhaken des Krans hochzieht. Zum Herablassen der Last dient eine einfache Handbremse, während das Hochwinden durch ein Zahnradvorgelege mit Kurbel bewirkt wird.

Fig. 47. Montagewagen mit stellbarer Plattform ohne Ausleger.

Die Montage der Verzierungen und Queraufhängen an hohen Masten kann mit gewöhnlichen Leitern nicht mit Sicherheit hergestellt werden und verwendet man infolgedessen vielfach Montageleitern nach Art der mechanischen Feuerwehrleitern, welche in der Fig. 52 dargestellt ist. Fig. 52 zeigt die vollständige Leiter, welche an ihrem oberen Ende einen Korb trägt, in welchem der Arbeiter sich mit Sicherheit bewegt. Die unteren Teile zur beliebigen Verlängerung der fahrbaren Leiter bis etwa zu 20 *m* Höhe sind in Fig. 53 besonders dargestellt. Je nach der verlangten Länge besteht die Schiebeleiter aus zwei bis drei ineinander gleitenden Teilen, welche durch eine Winde mit Drahtseil je nach Bedarf emporgehoben werden

können. Die Leiter ist so gebaut, daß sie vollständig frei tragend stehen kann. Sie hat jedoch zwei längere seitliche Stützen, die man nach Bedarf aufstellt, um

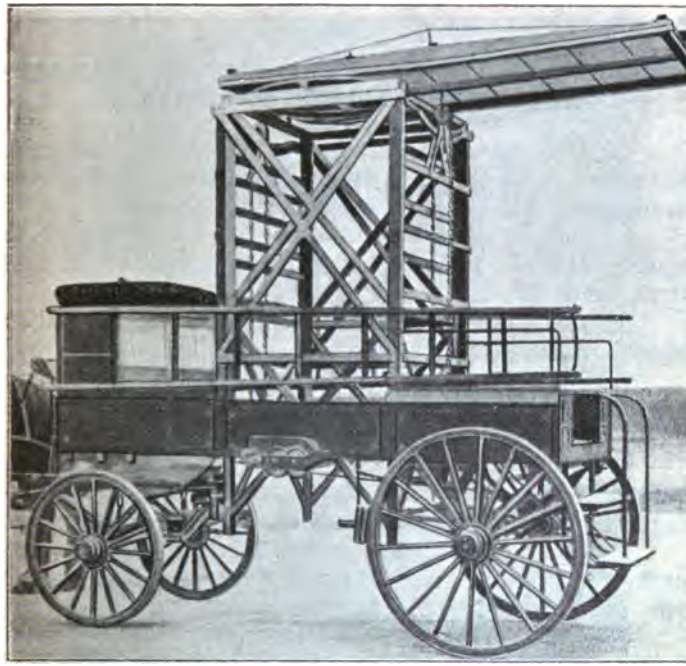


Fig. 48. Montagewagen englischer Bauart.

ihr bei schwierigen Arbeiten eine um so größere Standfestigkeit zu geben.

Ein vielfach gebrauchter Kabelkran, der besonders auch zum Abrollen des Fahrdrahtes gebraucht wird, ist in Fig. 54 abgebildet. Der Arbeitsdraht ist auf einer hölzernen Trommel in Länge von 1—2 *km*

sorgfältig schichtenweise und eine Windung neben der anderen aufgewickelt. Die Trommel wird mit Hilfe einer eisernen Achse in den Karren gelegt, der durch zwei Mann langsam fortbewegt wird.

Verhaltungsvorschriften für die an Montagewagen beschäftigten Personen.[1])

1. Die an einem Montagewagen beschäftigten Monteure, Arbeiter und Kutscher haben sich den Anordnungen des Montagewagenführers zu fügen.

2. Der Montagewagenführer hat dafür Sorge zu tragen, daß die Verhaltungsvorschriften pünktlich und strengstens innegehalten werden.

3. Die Monteure, Arbeiter und Kutscher haben pünktlich auf der Baustelle zu erscheinen.

4. Der Montagewagen muß nach Außerbetriebsetzung auf einem Orte aufgestellt werden, wo er dem Verkehr nicht hinderlich ist.

5. Wird der Montagewagen von oder zur Baustelle gefahren, so muß außer dem Kutscher stets ein Montagewagenbegleiter anwesend sein.

6. Die Plattform mit Überhang des Montagewagens muß stets herabgelassen sein, sobald der Turmwagen von oder zur Baustelle bewegt wird.

7. Alle Werkzeuge und Materialien sind in guter Ordnung zu halten und müssen stets unter Verschluß bleiben, wenn sie nicht gebraucht werden.

8. Der Montagewagenführer haftet für alle am Wagen befindlichen Werkzeuge.

9. Die am Montagewagen beschäftigten Leute dürfen denselben nur mit Erlaubnis des Montagewagenführers verlassen.

---

[1]) Aus dem »Taschenbuch für Monteure elektrischer Straßenbahnen« von Fritz Loose und M. Schiemann. Oskar Leiner, Leipzig.

10. Unbefugte Personen sind von dem Montagewagen fern zu halten, vor allem aber darf kein Stehenbleiben von Personen unter Drähten, an welchen gearbeitet wird geduldet werden.

Fig. 49. Montagewagen englischer Bauart im Betrieb.

11. Die Montagewagen sind standsicher aufzustellen und müssen stets festgebremst sein.

12. Die Weiterbewegung der Montagewagen darf nur nach erfolgten Warnungsrufen an die auf demselben Beschäftigten stattfinden.

13. Der Montagewagen darf niemals auf der Innenseite einer Kurve aufgestellt werden.

14. Das Hinunterwerfen von Montagegegenständen ist möglichst zu vermeiden.

Fig. 50. Montagewagen von Siemens & Halske mit drehbarer Plattform.

Ist es dennoch notwendig, Gegenstände hinunterzuwerfen, so hat der Betreffende zu achten, daß keine Person getroffen, und die Umstehenden durch einen Warnungsruf aufmerksam gemacht werden.

15. Der Genuß von Spirituosen während der Arbeitszeit ist strengstens untersagt.

16. Werkzeuge und Gerätschaften dürfen nur dann in Gebrauch genommen werden, wenn sich der dieselben in Gebrauch nehmende davon überzeugt hat, daß sie in gutem Gebrauchszustande sind.

Fig. 51. Kabelkran.

17. Montagewagen oder andere Montagegeräte, welche so stark beschädigt sind, daß ihre Benutzung mit Gefahr verknüpft ist, sind sofort außer Betrieb zu setzen; hauptsächlich ist darauf zu achten, daß an den Leitern keine Sprossen fehlen. Ebenso sind die Holme

und Sprossen vor dem Gebrauch auf ihre Sicherheit zu prüfen.

Fig. 51a. Mastenkran.

18. Auf einer Leiter darf nur dann gearbeitet werden, wenn ein Mann am Fuße derselben aufgestellt ist, damit dieselbe nicht abrutschen kann.

19. Der auf der Leiter arbeitende Monteur hat stets einen Sicherheitsgurt zu tragen und den Sicherheitshaken an einem haltbaren Gegenstand festzuhaken, um etwaige Unfälle zu verhüten.

20. Beim Arbeiten auf dem Montagewagen sind die an demselben vorhandenen Schutzvorrichtungen zu gebrauchen.

Eine Arbeit außerhalb der Schutzvorrichtungen ist verboten; vor allem jedes Stehen auf dem Geländer der Plattform.

Fig. 52. Große mechanische Leiter.

21. Die Plattform des Montagewagens darf nur dann herabgelassen oder höher gezogen werden, wenn alle auf derselben beschäftigten Leute dieselbe verlassen haben.

22. Erweisen sich die vorhandenen Leitern als zu kurz oder die Plattform als zu niedrig zur Arbeit, so ist dem Obermonteur davon Nachricht zu geben, und durch diesen dem Übelstand Abhilfe zu schaffen.

23. Arbeiten an stromführenden Leitungen sind mit großer Vorsicht vorzunehmen. Ein jeder ist so-

fort in Kenntnis zu setzen, daß die Leitung unter Strom ist.

Fig. 53. Unterer Teil der großen mechanischen Leiter.

24. Beim Arbeiten unter Strom ist es sorgfältigst zu vermeiden, die stromführende Arbeit und einen mit der Erde in Verbindung stehenden gut leitenden unisolierten Gegenstand gleichzeitig zu berühren,

25. Unbefugte sind von stromführenden Leitungen ernstlich fern zu halten und vor allem müssen herunterhängende stromführende Drähte sofort entfernt werden.

26. Überall, wo an stromführenden Leitungen gearbeitet wird, ist die Arbeitsstelle durch zu beiden Seiten derselben ausgesteckte rote Fahnen kenntlich zu machen.

27. Nach vorhergegangener Vereinbarung mit der betreffenden Straßenbahngesellschaft haben alle

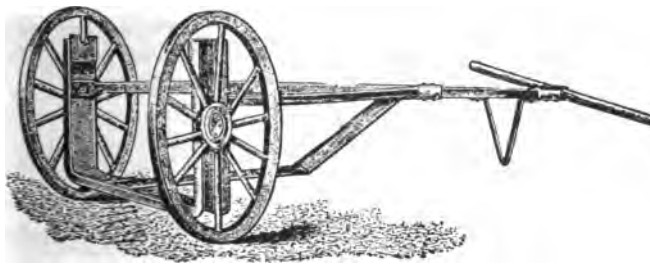


Fig. 54. Drahtkarren.

Straßenbahnwagen langsam zu fahren an der Stelle, an der gearbeitet wird, und hauptsächlich, wenn der Montagewagen dicht an dem Geleise Aufstellung genommen hat.

Falls der Straßenbahnwagenführer dieser Vorschrift nicht Folge leistet, so hat der Montagewagenführer die Nummer des Wagens zu notieren nebst genauer Zeitangabe des Vorfalles und bei nächster Gelegenheit einem der Ingenieure Anzeige davon zu machen.

28. Nach eintretender Dunkelheit muß der Montagewagen genügend beleuchtet sein.

29. Das Liegenlassen von Montagegegenständen oder Materialien auf der Straße nach Schluß der Arbeits-

zeit zieht eine Bestrafung der betreffenden Arbeitskolonne nach sich.

30. Von jedem ernsteren Unfall ist unverzüglich einem der Ingenieure Meldung zu machen.

31. Falls sich ein Unfall ohne Benützung der Schutzvorrichtungen ereignet, hat der Betreffende die volle Verantwortung selbst zu tragen.

32. Sämtliche Monteure und Arbeiter haben den Anordnungen der Ingenieure unweigerlich Folge zu leisten.

33. Zuwiderhandlungen gegen diese Vorschriften ziehen für den Betreffenden außer etwaiger strafrechtlicher Verfolgung sofortige Entlassung nach sich.

Vorschriften bezüglich des Schutzes der Telegraphen- und Fernsprechanlagen.

Oberirdische Anlagen.

1. Für die mit Gleichstrom oder Wechselstrom (ein- oder mehrphasigem) zu betreibenden Anlagen müssen die Hin- und Rückleitungen des Stromkreises durch besondere Leitungen gebildet werden. Die Erde darf als Rückleitung nicht benutzt oder mitbenutzt werden.

2. Die Hin- und Rückleitungen müssen in einem so geringen, überall gleichen Abstande voneinander verlaufen, als dies die Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes zuläßt.

3. An den Kreuzungsstellen der Starkstromleitungen mit den Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen müssen die Starkstromleitungen mindestens in dem in Betracht kommenden Stützpunkts-Zwischenraum entweder aus isoliertem Draht herge-

stellt werden, oder es sind bei Verwendung blanken Drahtes solche stromfreie Schutzvorrichtungen anzubringen, daß eine unmittelbare Berührung der Leitungen verhindert wird. Die Starkstromleitungen sind so zu führen, daß sie die Schwachstromleitungen möglichst rechtwinkelig kreuzen. Der Abstand der Starkstromleitungen von den Schwachstromleitungen darf nicht weniger als 1 *m* betragen.

4. An denjenigen Stellen, wo die Starkstromleitungen neben den Schwachstromleitungen verlaufen und der gegenseitige Abstand weniger als 10 *m* beträgt, müssen die Starkstromleitungen auf eine ausreichende Strecke hin aus isoliertem Draht hergestellt oder bei Verwendung blanken Drahtes mit stromfreien Schutzvorrichtungen zur Verhinderung der Berührung mit den Schwachstromleitungen (vergl. Punkt 3) versehen werden. Von dieser Bedingung kann abgesehen werden, wenn die örtlichen Verhältnisse eine Berührung der Starkstrom- und Schwachstromleitungen, auch beim Umbruch von Gestängen oder beim Zerreißen von Drähten, ausschließen.

5. Die isolierende Hülle des nach Punkt 3 und 4 zu benutzenden isolierten Drahtes darf bei unmittelbarer Berührung mit einem blanken, zur Erde abgeleiteten Draht unter Einwirkung der höchsten vorkommenden Betriebsspannung nicht durchschlagen werden. Widersteht die isolierende Hülle der höchsten Betriebsspannung nicht, so wird der Draht als nicht isoliert angesehen. Die Prüfungen des isolierten Drahtes müssen unter Zuziehung eines Beauftragten der Ober-Postdirektion ausgeführt werden.

Im Falle des Bedürfnisses werden zum weiteren Schutze der vorhandenen Telegraphenleitungen in denselben Schmelzsicherungen eingeschaltet.

6. Falls die vorgesehenen Schutzmaßregeln nicht ausreichen, um Unzuträglichkeiten oder Störungen für

den Telegraphen- oder Fernsprechbetrieb fernzuhalten, hat der Unternehmer der Starkstromanlage, im Einvernehmen mit der kaiserlichen Ober-Postdirektion, ohne Verzug weitere Maßnahmen zu treffen, bis die Beseitigung der Unzuträglichkeiten oder der störenden Einflüsse erfolgt ist.

7. Alle Kosten, welche durch die Ausführung der erforderlichen Maßnahmen zum Schutze der vorhandenen Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen oder gegen Gefahren der mit denselben beschäftigten oder dieselben benutzenden Personen oder zur Fernhaltung induktorischer Beeinflussung durch die Starkströme oder durch Änderungen oder sonstige Arbeiten an den bei Errichtung der Starkstromanlage bestehenden Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen aus Anlaß der Herstellung, der Unterhaltung oder des Betriebes der Starkstromanlage entstehen, sind vom Unternehmer der Postkasse zu erstatten.

Die hierüber entstehenden Streitigkeiten werden im Rechtswege entschieden.

8. Für den Fall, daß Fehler in der Starkstromanlage zu Störungen des Telegraphen- oder Fernsprechbetriebes Anlaß geben, muß der Betrieb der Starkstromanlage in entsprechendem Umfange so lange eingestellt werden, bis der Fehler beseitigt ist.

9. Spätere wesentliche Veränderungen oder Erweiterungen der Starkstromanlage sollen im Einvernehmen mit der kaiserlichen Ober-Postdirektion ausgeführt werden. Die Unternehmer verpflichten sich, der genannten Behörde von derartigen Plänen rechtzeitig vorher Kenntnis zu geben.

Werkzeuge für die Herstellung der Oberleitung.[1])

2 große Handhämmer,
1 kleiner Handhammer,
1 Feilkloben,
2 Flaschenzüge,
1 Beißzange,
1 Seitenschneider,
2 Brennerzangen,
1 Kreuzmeißel,
1 Flachmeißel,
1 Lötlampe,
1 Benzinkanne,
1 Lötofen,
2 Drahtlötkolben,
1 Klappenzange,
1 Stützenzange
1 Bandmaß 20 *m*,
1 Lot,
1 Schraubstock,
1 Holzhammer,
1 Richtholz,
1 Knarre mit Bügel,
1 Satz Metallbohrer,
Fahrbare Leitern,
Lötzinn,
Lötwasser und Pinsel,
Stricke, Schnüre,
Bindedraht,
1 Stechbeutel,
2 Dreheisen für 5 *mm*,
2 Dreheisen für 6 »
1 Bogensäge mit 12 Sägeblättern,
2 Steinbohrer,
Feilen,
2 △,
2 ⌐ Vor-,
1 ◠ »
2 ○,
1 △ Zinn-,
1 ⌐ »
1 Fuchsschwanz,
2 Stecheisen,
Spannschrauben,
Klammern,
2 lange Leitern,
1 kurze Leiter,
Pinsel,
Laternen,
Gasätherlampen (Sturmbrenner),
Salmiak,
Ölspritzkanne,
Putzlappen.

[1]) Die Werkzeuge sind in besonderen Werkzeugkasten oder im verschlossenen Raum der Turmwagen untergebracht. Die Werkzeugausrüstung gilt für Rollenkontakt nach Sprague oder Dickinson, für den Bügelkontakt von Siemens & Halske sind noch einige Schraubenzieher erforderlich.

Lieferungsbedingungen für Fahr- und Hängedraht zur Oberleitung von Straßenbahnen.[2])

Fahrdraht:

1. Die Oberfläche der Drähte soll glatt und ohne Risse sein. Der Draht muß gerade, ohne Knicke und Buckel sein.

2. Auf besonderen Holzhaspeln soll der Draht so aufgewickelt sein, daß die Windungen schichtweise verlaufen und eine Windung neben der andern in einer Schicht sich befindet.

3. Die Leitungsfähigkeit soll 98% derjenigen des chemisch reinen Kupfers sein.

4. Die Bruchfestigkeit soll bei 8—8·3 *mm* Durchmesser des Drahtes 39—40 *kg* pro Quadratmillimeter betragen.

5. Die Ausdehnung des Drahtes bis zum Bruch soll zwischen + 10 und + 15° C. höchstens 1·5 % seiner Länge betragen.

6. Ausdehnung bei Temperaturzunahme soll pro 1° C. zwischen 0—50° C. nicht über 0·11681 *mm* pro 1 *m* Länge betragen.

7. Die Elastizitätsgrenze soll liegen zwischen 36 bis 37 *kg* Zug pro Quadratmillimeter. Der Draht soll mindestens zwei Biegungen über 10 *mm* Radius aushalten.

8. Es sind mindestens Stücke von 500 *m* Länge zu liefern, sofern keine Länge vorgeschrieben ist.

Etwaige Lötstellen sind mit reinem Silber vor dem Ziehen auf die richtige Stärke anzufertigen. Die Lötstellen sollen die gleiche Zug- und Bruchfestigkeit wie der volle Kupferdraht haben.

---

[2]) N. Elektr. Verkehrstechnik von Joh. Zacharias, Jena 1902.

Hängedraht.

1. Der Spanndraht für die Aufhängung des Fahrdrahtes soll aus bestem Gußstahl gefertigt sein und eine mindeste Bruchfestigkeit von 100 *kg* pro Quadratmeter haben.

2. Die Zähigkeit soll derartig sein, daß ein Draht von 5 *mm* Durchmesser sieben Biegungen, von 6 *mm* Durchmesser vier Biegungen über 15 *mm* Radius aushält.

3. Die Dehnung soll mindestens 5% sein, bevor ein Bruch erfolgt.

4. Die Oberfläche soll glatt und einmal gut verzinkt sein.

Abspannungen.

Für die Herstellung der Oberleitung gelten folgende Regeln:

1. Leitungsdraht und Zugdraht sollen keinen zu spitzen Winkel miteinander bilden.

2. In Kurven sollen die Spann- beziehungsweise Zugdrähte, die einen Aufhängepunkt für sich erfordern, von der Richtung der Radien der Kurven nicht abweichen, weil anderenfalls ein Zug auf den Leitungsdraht ausgeübt würde dessen eine Komponente in die Richtung desselben fallen und somit dessen Spannung verändern würde.

3. Der Spanndraht einer Luftweiche soll so angelegt werden, daß er an dem Punkt angreift, wo der Abstand der beiden abzweigenden Schienen 30 *cm* beträgt, und zwar etwa 4·5 *m* vom Ende der Gleitschienen oder 1·5 *m* vom Ende der Zunge.

4. In Abständen von etwa 500 *m* ist eine Streckenverankerung, sowie ein Sektionsschalter anzubringen.

5. Die Masten für die Tragkonstruktion des Fahrdrahtes erhalten entgegen der Zugkraft der Spann-

drähte eine Neigung von etwa 25 *mm* pro Meter Steigung ihrer freien Länge.

6. Die Spannung des Kontaktdrahtes soll die nachstehenden Größen nicht überschreiten.

Fahrdrahtspannung bei verschiedener Temperatur.

bei	0°	Celsius	— 470 *kg*
+	5°	»	— 435 »
+	10°	»	— 395 »
+	15°	»	— 360 »
+	20°	»	— 320 »
+	25°	»	— 280 »

Diese Spannungen sind beim Ziehen neuer Leitungen einzuhalten und an einem Dynamomotor abzulesen.

Abspanntabelle des Fahrdrahtes in Kurven für Rollenkontakt.

R	*x*	*R*	*x*	*R*	*x*	*R*	*x*
5	4·9	23	10·5	42	14·2	110	23·0
6	5·4	24	10·7	44	14·5	120	24·0
7	5·8	25	11·0	46	14·8	130	25·0
8	6·2	26	11·2	48	15·2	140	26·0
9	6·6	27	11·4	50	15·6	150	27·0
10	6·9	28	11·6	52	15·8	160	27·7
11	7·3	29	11·8	54	16·1	170	28·6
12	7·6	30	12·0	56	16·4	180	29·4
13	7·9	31	12·2	58	16·7	190	30·2
14	8·2	32	12·4	60	17·0	200	31·0
15	8·5	33	12·6	65	17·7	220	32·5
16	8·8	34	12·8	70	18·3	240	33·9
17	8·9	35	13·0	75	19·0	260	35·3
18	9·3	36	13·1	80	19·6	280	36·7
19	9·5	37	13·3	85	20·2	300	37·9
20	9.8	38	13·5	90	20·8	320	39·2
21	10·0	39	13·7	95	21·3	333	40·0
22	10·3	40	13·8	100	22·0		

Die Seitenlänge des Vieleckes, beziehungsweise die Spannweite wird berechnet aus $\omega = 4\sqrt{rs}$, wobei r der Radius der Kurve, bezogen auf die Mitte des Geleises, und s die Abweichung des Bügels aus der Mitte $= 0{\cdot}45\ m$ bedeutet. Die Anzahl der Teilungen ist $n \geqq \frac{4}{229}\sqrt{\frac{r}{s}}$. Die vorstehende Tabelle gilt für Zentriwinkel von 30—165° und 10—120 m Radius[1]).

Die Teilung auf gerader Strecke für die Anbringung der Querdrähte beträgt 38 m. Obige Tabelle gilt für eine Kontaktrute von mindestens 4·5 m Länge und 6 m Höhe des Fahrdrahtes über dem Geleise.

Berechnung der mechanischen Spannung an Drähten.[2])

Spannung T wird T^1 bei veränderter Temperatur.[3])

$$\varepsilon = \frac{T - T^1}{s}$$

$$s = qmm$$

$$\frac{\varepsilon}{s} = \varepsilon^1$$

$$l^1 = l\,(1 + \delta +)\,[1 - \varepsilon^1\,(T - T^1)] = a + \frac{a^3 p^2}{24\,T^2}$$

$$l = a + \frac{a^3 p^2}{24 T^2}$$

$$1\,\delta t - 1\,\varepsilon^1\,(T - T^1) = \frac{a^3 p^2}{24}\left(\frac{1}{T_1{}^2} - \frac{1}{T^2}\right)$$

$$\delta t - \varepsilon^1\,(T - T^1) = \frac{a^2 p^2}{24}\left(\frac{1}{T_1{}^2} - \frac{1}{T^2}\right)$$

[1]) Aus dem Taschenbuch für Monteure von Fr. Loose und M. Schiemann.

[2]) Eric Gerard Tome II 1891, Leçons sur l'Electricité, S. 84.

[3]) Über den Durchhang blanker Freileitungen aus Weichkupfer gibt K. Krome in E. T. Z. 1902, Heft 27, vom 3. Juli, S. 593, theoretische und praktische Anleitungen.

$\delta = 0{\cdot}000016$ für Phosphor, Bronze
für Eisen $= 8000{\cdot}012$
$\varepsilon = 0{\cdot}00000078$
für Eisen $= 0{\cdot}00000034$
$\delta =$ Koeffizient für die Ausdehnung pro 1^0 C.
$\varepsilon =$ elastische Verlängerung für Überlastung von 1 *kg* auf den Quadratzentimeter, z. B.

$$t = -20^0 + 40$$
$$\delta = 0{\cdot}00001718$$
$$\varepsilon^1 = \frac{1}{13000} \cdot 95$$
$$T = 600\ kg$$
$$T^1 \text{ zu suchen}$$
$$a = 32\ m$$
$$p = 0{\cdot}85\ kg.$$

Kurvenabspannung für Bügelkontakt und Rolle [1]).

Zentr.-∢ φ in Grad	$r = 10$		$r = 20$		$r = 30$		$r = 40$		$r = 50$		$r = 60$	
	n	w	n	w	n	w	n	w	n	w	n	w
30	1	5·2	1	10·5	2	7·9	2	10·5	2	13·0	2	15·7
45	1	7·8	2	7·9	2	11·8	2	15·7	3	13·1	3	15·7
60	2	5·2	2	10·5	3	10·5	3	14·0	3	17·4	4	15·7
75	2	6·5	2	13·1	3	13·1	4	13·1	4	16·3	4	19·7
90	2	7·8	3	10·5	4	11·8	4	15·7	5	15·7	5	18·8
105	3	6·1	4	9·2	4	13·8	5	14·8	5	18·4	6	18·3
120	3	7·0	4	10·5	5	12·5	5	16·8	6	17·5	7	17·9
135	3	7·8	4	11·8	5	14·1	6	15·7	7	16·9	7	20·2
150	4	6·6	5	10·5	6	13·1	7	15·0	7	18·7	8	19·6
165	4	7·2	6	9·6	6	14·4	7	16·5	8	20·6	9	19·2

[1]) Für den Rollenkontakt müssen die für den Bügel berechneten Polygonseitenzahlen mit 1·3 multipliziert werden.

Zentr.-∢ φ in Grad	$r = 70$		$r = 80$		$r = 90$		$r = 100$		$r = 110$		$r = 120$	
	n	w	n	w	n	w	n	w	n	w	n	w
30	2	18·3	2	20·9	2	23·5	2	26·1	3	19·1	3	20·9
45	3	18·3	3	20·9	3	23·5	3	26·1	4	21·5	4	23·5
60	4	18·3	4	20·9	4	23·5	4	26·1	5	23·0	5	25·1
75	5	18·3	5	20·9	5	23·5	5	26·1	6	23·9	6	26·1
90	5	22·0	6	20·9	6	23·5	6	26·1	7	24·6	7	26·9
105	6	21·3	7	20·9	7	23·5	7	26·1	8	25·2	8	27·5
120	7	20·9	7	23·9	8	23·5	8	26·1	9	25·5	9	27·9
135	8	20·6	8	23·6	9	23·5	9	26·1	10	25·8	10	28·2
150	9	20·4	9	23·3	10	23·5	10	26·1	11	26·1	11	28·5
165	9	22·4	10	23·0	11	23·5	11	26·1	12	26·3	12	28·8

Neue Kurvenabspannung nach System Dickinson.[1])

Radius der Kurve	Länge der Teilung	Auslage der Kontaktrute	Kurvenzug für einfachen Fahrdraht	Winkel des Kontaktdrahtes
m	m	m	kg	Grad
300	—	0·75	100	173
200	—	1·05	100	170
150	—	1·20	130	166
125	38	1·50	150	163
100	36	—	175	160
90	34·5	—	185	159
80	31·5	—	200	158
70	30	—	210	156
60	28	—	210	156
50	22·5	1·35	230	154
40	20·75	1·35	—	—
30	15·5	1·02	—	—
25	13	0·85	—	—
20	10·35	0·68	—	—
15	7·75	0·52	—	—
10	5·2	0·34	250	150

[1]) N. Elektr. Verkehrstechnik von Joh. Zacharias.

Isolationswiderstand von Installationen.[1])

Bei einer Anlage von

0 — 20	Lampen	= 60.000	Ohm
20— 50	»	= 30.000	»
50—100	»	= 20.000	»
100—200	»	= 15.000	»
200—300	»	= 13.000	»
300—500	»	= 12.000	»

$$1^{W} = 10.000 + \frac{1{,}000.000}{n} \text{ Ohm}$$

n = Lampenzahl.

Nach amerikanischen Vorschriften.

Bis zu	5	Ampère		= 4,000.000	Ohm
» »	10	»		= 2,000.000	»
» »	25	»		= 800.000	»
» »	50	»		= 400.000	»
» »	100	»		= 200.000	»
» »	200	»		= 100.000	»
» »	400	»		= 50.000	»
» »	800	»		= 25.000	»
» »	1600	»	und darüber	= 12.000	»

mindestens.

Sonst rechnet man auch für eine Anlage von 2000 Lampen 250.000 Ohm.

Eine Leitung für 2000 Lampen 100.000 Ohm.

$$R = \frac{(V - V_1) R_1}{V_1} \text{ worin}$$

R = Isolationswiderstand.
R_1 = Voltmeterwiderstand.
V = Volt Betriebsspannung.
V_1 = Ausschlag-Volt bei Untersuchung.

[1]) Nach den Vorschriften der Berliner Elektrizitätswerke von 1896.

Der Isolationswiderstand beträgt für 20.000 Ohm Voltmeterwiderstand und 110 Volt Betriebsspannung, bei einem Ausschlag von

1 Volt	2,180.000	Ohm[2])
2 »	1,080.000	»
3 »	713 333	»
4 »	530.000	»

Die Stromzuführung.

Die Länge der zu befahrenden Linien, ihre Lage zueinander und zum Kraftwerk, wie auch die Verkehrsverhältnisse sind maßgebend sowohl für die allgemeine Anordnung des Leitungsnetzes, wie auch für den Querschnitt der Speiseleitungen und die Anlage von Speisepunkten. Insbesondere sind erforderlich:

Aufsuchen der Punkte höchster zu erwartender Belastung;

Annahme der größten Belastung;

Wahl der Kontaktleitungen;

Disposition und Berechnung der Speiseleitungen;

Leitungsverstärkungen für zu erwartende hohe Belastungen.

Die Berechnung der Leitungen

geschieht nach dem Ohmschen Gesetz, wonach $I = \frac{E}{W}$ ist oder wenn man $E = v$ dem Spannungsverlust setzt, hat man $I = \frac{v}{W}$. Die Stromstärke I und der Spannungsverlust v sind bekannt, beziehungsweise angenommen, es ist also der Widerstand W zu suchen.

[2]) American Electrician, S. 400, Vol. IX, No. 10 vom Oktober 1897. Nach den »Sicherheitsregeln für elektrische Bahnen« vom Verein deutscher Elektrotechniker soll bei Regenwetter mit der Betriebsspannung gemessen der Isolationswiderstand mindestens 50.000 Ohm für den Kilometer einfacher Länge betragen.

Derselbe berechnet sich aus der Länge L in Metern und dem Querschnitt Q in Quadratmillimetern einer Leitung, sowie dem spezifischen Widerstand c des Leitungsmaterials. Es ist also

$$W = c \frac{L}{Q}$$

worin $c = 0{\cdot}0182$ (bis $0{\cdot}0186$) für Kupfer zu setzen ist. Aus den vorstehenden Gleichungen ergibt sich

$$Q = c \frac{LI}{v}$$

Zur Vereinfachung der oft sich wiederholenden Rechnung bedient man sich einer Tafel, in welcher $L \times I$ in Meterampère am oberen Rande angegeben sind, während Strahlen dem Spannungsverluste v entsprechen und seitwärts die Querschnitte, beziehungsweise Durchmesser der Kupferleitungen, angegeben sind.

Will man auch das Gewicht einer Leitung wissen, so berechnet sich dasselbe aus der Formel

$$G = \frac{L + Q}{112}$$

oder wenn man obigen Wert für Q einsetzt, so ist

$$G = \frac{c \times L^2 \times I}{112 \cdot v}$$

und da $c = 0{\cdot}0182$ ist, so hat man

$$G = \frac{L^2 \times I}{6150 \cdot v}$$

oder für einen Meter Leitungslänge

$$\frac{G}{L} = \frac{L \times I}{6150 \cdot v}.$$

3. Das rollende Material.

Motorwagen.

Im allgemeinen hat man wohl die äußere Gestalt der bisherigen Pferdebahnwagen für die elektrischen Motorwagen beibehalten, im einzelnen jedoch sind sie vollkommen abweichend konstruiert, entsprechend der größeren Fahrgeschwindigkeit, der höheren Belastung und der Möglichkeit ein bis drei Anhängewagen mit-

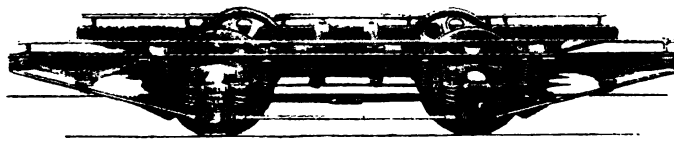


Fig. 55. Normal-Untergestell, zweiachsig.

zuführen. In einem meist aus Stahl und Schmiedeeisen hergestellten Untergestell, das bei zweiachsigen Wagen im allgemeinen die Anordnung wie in Fig. 55 hat, sind die auf den Wagenachsen festgekeilten Räder meistens aus Stahlguß (Fig. 56) federnd gelagert. Der Querschnitt des Radkranzes hat den in Fig. 57 abgebildeten Querschnitt, damit die Wagen in der Fahrrinne der Schienengeleise festgehalten werden.

Größere Wagen bis zu etwa 60 Personen, wovon 30 etwa sitzen können, erhalten vier Achsen, von denen je zwei in einem drehbaren Untergestell (Fig. 58)

angebracht sind. Einen vierachsigen Motorwagen der Berlin-Charlottenburger Straßenbahn zeigt Fig. 59. Die Wagen waren ursprünglich lediglich für Akkumulatorenbetrieb eingerichtet, sind jedoch später für gemischten Betrieb umgebaut worden, indem man auf dem Dach

Fig. 56. Wagenachse und Räder.

des Wagens einen entsprechenden Stromabnehmer befestigt hat. Die Anordnung der einzelnen Teile des Wagengerippes und der Tragkonstruktion sind aus dem Querschnitt (Fig. 60) eines zweiachsigen Motorwagens ersichtlich.

Fig. 57. Randflanschquerschnitt.

Als historisch interessant mag hier noch die erste von Siemens & Halske gebaute elektrische Versuchsbahn auf der Hygiene-Ausstellung 1879 (Fig. 61) abgebildet werden. Das Innere der Lokomotive dieser kleinen Versuchsbahn zeigt Fig. 62. Dieselbe wird heute noch von der Firma sorgfältig aufbewahrt, war unter anderem auch zum Beispiel 1893 in Chicago

ausgestellt worden und ist jetzt im Geschäftshause der Firma zu sehen.

Neuerdings hat man ganz eigenartige und besondere Typen von Motorwagen für Straßenbahnen geschaffen, wie sie zum Beispiel in vorzüglicher Ausführung nach amerikanischer Art die Firma H. H. Böker & Co. in Groß-Lichterfelde bei Berlin herstellt. Diese Wagen sind so eingerichtet, daß man sie für den Winter als geschlossene und für den Sommer als

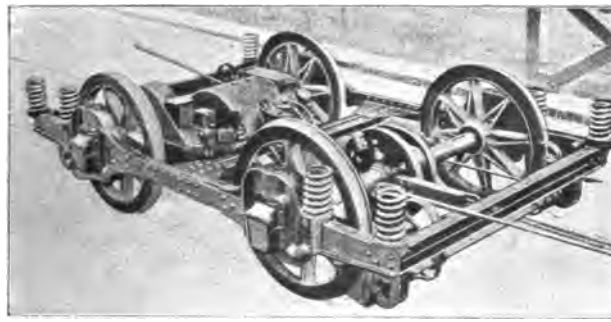


Fig. 58. Drehbares Untergestell.

offene Wagen benutzen kann. Sie sind mit allen Hilfs- und Sicherheitsvorrichtungen der Neuzeit ausgestattet und ist eine größere Anzahl davon bereits bei der Großen Berliner Straßenbahn im Betrieb.

Für die Reinigung der Geleise sind vielfach Kehrmaschinen, im Sommer Sprengwagen und im Winter Schneepflüge im Gebrauch, von denen Fig. 63 einen solchen im Betrieb nach der Konstruktion von Kummer & Co. darstellt. Da der Schnee die Räder von den Schienen mehr oder weniger isoliert, so ist es unter Umständen bei hoch liegendem, fest backendem Schnee nicht möglich, sofort mit Oberleitung, also

direkter Stromzuführung zu fahren und hat man daher mitunter den Schneepflug auch mit einer Akkumulatorenbatterie ausgerüstet, damit man unabhängig von der Oberleitung unter allen Umständen die erste Fahrt des Morgens nach starken Schneefällen machen kann und der Weg für die nachfolgenden Motorwagen gebahnt wird.

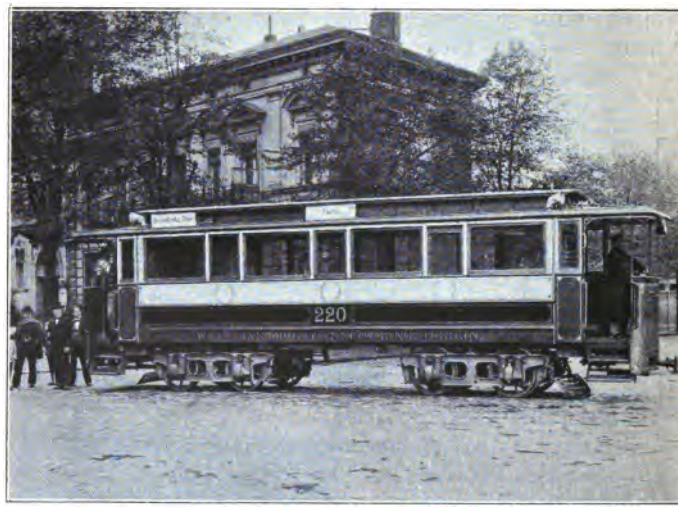


Fig. 59. Vierachsiger Motorwagen.

Für Hoch- und Untergrundbahnen gibt man den Wagen vielfach die Gestalt eleganter Eisenbahnwagen. Sie sind meistens mit vier Achsen versehen und zu drei bis vier in einem Zuge vereinigt. Sie haben entweder einen Eingang an jedem Ende oder in der Mitte. Die Sitze sind gewöhnlich zu beiden Seiten angeordnet, so daß in der Mitte ein Gang bleibt. Vielfach wendet man auch Quersitze für je zwei Personen an, wie zum Beispiel auf den Londoner Röhrenbahnen.

Ungefährer Raumbedarf für Wagenschuppen in Quadratmetern.[1])

Anzahl der Wagen	Wagenhalle	Schlosserei	Schmiede	Lackiererei	Lager	Zur Abrundung	Bebaute Fläche	1/3 bebaute Fläche	Gesamtraum
5	130	30	15	30	8	7	220	110	330
10	260	40	20	35	12	13	380	190	570
15	390	50	25	40	16	19	540	270	810
20	520	60	30	45	20	25	700	350	1050
30	780	70	35	55	25	35	1000	500	1500
40	1040	80	40	65	30	35	1290	650	1940
50	1300	100	50	80	35	35	1600	800	2400
75	1950	130	60	100	40	40	2320	1160	3480
100	2600	150	80	120	45	55	3050	1530	4580
125	3300	180	100	140	50	60	3830	1920	5750
150	3900	200	120	160	55	65	4500	2250	6750

Gewichte und Maße von Motor- und Anhängewagen ohne Ausrüstung und Besetzung.

Sitzplätze	Stehplätze	Gewicht des Kastens	Gewicht des Unterg.	Gesamtgew. d. Motorw.	Gesamtgew. d. Anhängewag.	Maße in Millimeter			
		Tonnen				Kastenlänge	Plattform	Puffer	Länge über Puffer
12	8	2·2	1·4	3·6	2·5	3200	800	350	5.500
16	10	2·8	1·5	4·3	2·8	4200	1100	350	7.100
20	16	3·4	1·6	5·0	3·2	5200	1200	350	8.300
30	20	4·0	1·8	5·8	4·0	7700	1300	350	11.000

[1]) Gilt nur für zweiachsigen Wagen.

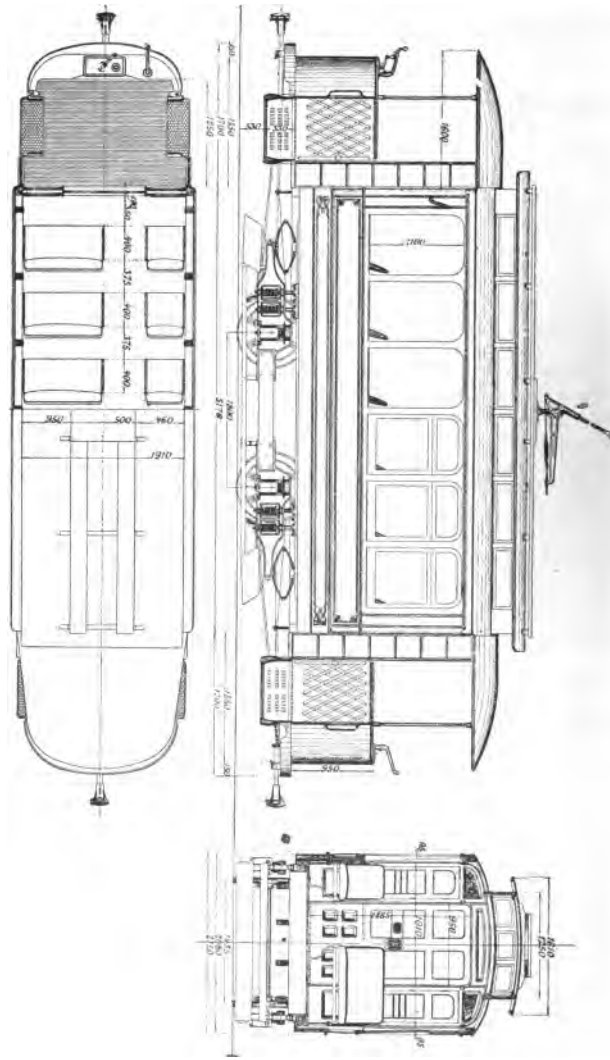


Fig. 60. Querschnitt eines zweiachsigen Wagens.

Wagen-Ausrüstung.

Zu der Ausrüstung der Motorwagen gehören die Elektromotoren, die Fahrschalter zur Steuerung derselben, die Verbindungsleitungen zu Motoren und Fahrschaltern, der Stromabnehmer, welcher entweder auf dem Dach oder seitwärts unter dem Wagen sich befindet, Blitzableiter, Selbstausschalter, Sicherheitsschalter und

Fig. 61. Erste elektrische Bahn.

die Beleuchtung des Wagens. Wir wollen nachstehend diese einzelnen Ausrüstungsstücke näher kennen lernen.

a) Die Motoren.

Die Einrichtung der Elektromotoren zum Betriebe von Fahrzeugen ist insofern vollkommen abweichend von feststehenden Motoren, als dieselben nicht allein gegen Witterungseinflüsse, Schmutz und Staub gesichert sein müssen, sondern vor allen Dingen auch einen sehr harten Dienst zu versehen haben, der viel höhere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit dieser

Maschinen stellt, als dies bei feststehenden Motoren in gedecktem Raum der Fall ist.

Zufolge dieser eigentümlichen Betriebsverhältnisse sind die Straßenbahnmotoren fast ohne Ausnahme als sogenannte Kapselmotoren gebaut, d. h. in einem Gehäuse aus bestem weichem Stahlguß, das aus zwei gleichen Hälften zusammengeschraubt und allseitig

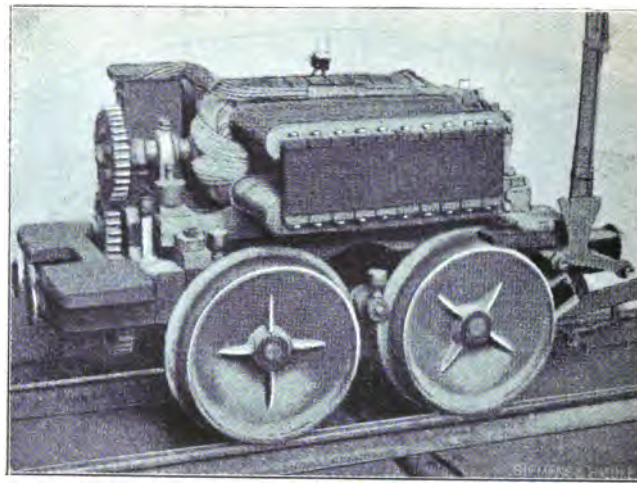


Fig. 62. Erste elektrische Lokomotive.

auch geschlossen ist, untergebracht. Entweder sind zwei Magnetpole und dazwischen liegende Folgepole angeordnet, wie dies schematisch in Fig. 64 dargestellt ist, oder man wendet auch vier symmetrisch angeordnete Pole, deren Schenkel jeder eine besondere Magnetwicklung trägt, an. Die aus isolierten Blechen zusammengesetzten Polschuhe sind an dem Gehäuse derart angebracht, daß sie gleichzeitig die gut isolierten und besonders hergestellten Schenkelspulen festhalten.

Durch Lösung einiger Schrauben läßt sich die untere Hälfte, des in der wagerechten Mittellinie geteilten Gehäuses schnell herunterklappen, ohne daß man den ganzen Motor aus dem Wagen entfernen muß. Die untere Hälfte bewegt sich in Scharnieren (dieselbe läßt sich durch Entfernung der Scharnierbolzen gleichfalls entfernen). Man kann also das Gehäuse sehr leicht

Fig. 63. Schneepflug.

öffnen und das Innere besichtigen. Der Anker kann hierbei gewöhnlich in seiner Lage im Oberteil, beziehungsweise im Unterteil verbleiben.

Der Anker besteht aus, durch Papierzwischenlagen isolierten, eisernen Blechen, die durch gußeiserne Endplatten zusammengehalten werden. Der so hergestellte schmiedeeiserne Kern enthält entsprechende Nuten, in welchen gewöhnlich die Trommelwicklung, als Scha-

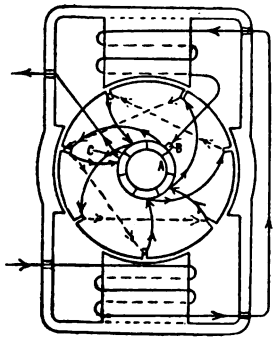


Fig. 64. Motorschaltung mit Folgepolen.

blonenwicklung ausgeführt, eingelegt wird, so daß schadhaft gewordene Stellen der Ankerwicklung leicht ausgewechselt werden können. Die Isolierung der Ankerwicklung ist äußerst sorgfältig ausgeführt und wird bereits in der Fabrik mit doppelter Betriebsspannung auf Isolation geprüft. Die Prüfung im Betriebe wird gewöhnlich mit normaler Belastung ausgeführt, und soll die angegebene Leistung bei geöffnetem Kommutatordeckel hierbei eine Erwärmung erzeugen, die 75° C. über die Temperatur der umgebenden Luft nicht übersteigt. Die Fahrzeugmotoren der Firma Siemens & Halske sind z. B. derart gebaut, daß sie vorübergehende Belastung ertragen, die 60—75% höher als die normale Leistung liegt und bei Überlastung bis zu 100%, welche für momentane Belastung maßgebend ist, die Feuergrenze noch nicht erreicht wird. Der maximale Wirkungsgrad dieser Elektromotoren beträgt je nach ihrer Größe bis zu 87%.

Fig. 65. Geteiltes Zahnrad.

Die Lager sind gewöhnlich so reichlich bemessen, daß sie für lange Betriebsdauer brauchbar bleiben. Sie werden so ausgebildet, daß das auslaufende Schmiermaterial sich in einem besonderen Raum unten ansammelt und von hier aus durch Öffnen einer Klappe entfernt werden kann. Nachstehend die Teile eines Straßenbahnmotors.

Die Übertragung der Kraft von den Motorwellen auf die Wagenachsen geschieht im allgemeinen durch

ein einfaches Rädervorgelege, indem man auf die Motorwelle einen Zahntrieb aufsetzt und auf die Wagenachse ein entsprechend geteiltes Zahnrad (Fig. 65). Die äußere Gestalt dieser Kapselmotoren mit der Welle und Zahnrad ist in zwei Ansichten nach amerikanischem Modell in Fig. 66 und 67 dargestellt. Unter Umständen verwendet man auch ein doppeltes Rädervorgelege oder einen Antrieb mit Schnecke und Schneckenrad

Fig. 66. Äußere Ansicht von Kapselmotoren.

(Schraube ohne Ende). Man hat jedoch auch z. B. auf der Untergrundbahn in Budapest Übertragung mit Gallscher Gelenkkette angewendet. Alle anderen Übertragungen, die man früher mit Riemen, Spiralschnüren, Darmsaiten u. dgl. versuchte, haben sich nicht bewährt. Bei sehr großen und starken Motoren, etwa von 200 P. S. ab, gestaltet man die Antriebswelle auch in der Weise, daß der Motor die Wagenachse umschließt und nicht neben derselben angeordnet ist. Für Straßenbahnen jedoch wird gewöhnlich die in vier Ansichten

dargestellte seitliche Aufhängung auf Federn (Fig. 68 bis 71) angewendet. Die Anordnung des Motors mit diesen Tatzenlagern und dem Rädervorgelege, das in einer Kapsel eingeschlossen ist, zeigt nach der Siemens & Halskeschen Konstruktion Fig. 72 a—c. Auf der Kollektorseite befinden sich an einer gemeinsamen isolierenden Brücke die Bürstenhalter mit den Kohlenbürsten. Das Gehäuse hat an dieser Stelle oben eine

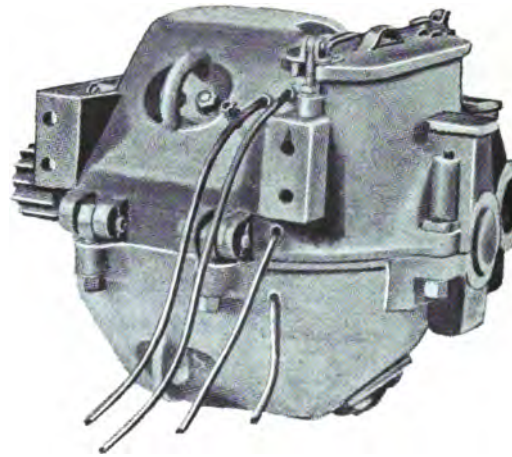


Fig. 67. Äußere Ansicht von Kapselmotoren.

Klappe zum Nachsehen und Reinigen der Bürsten. Das ganze Gehäuse ist im übrigen derartig so geschlossen, daß Feuchtigkeit, Schmutz und Staub nicht eindringen können, jedoch eine gewisse Abkühlung stattfindet.

Die Straßenbahnmotoren werden für Spannungen von 500—750 Volt gebaut, mit normaler Leistung von 8·5—200 P. S. Die geringste Spurweite, die man anwendet, ist 450 *mm*. Das Gewicht mit Zahnrädern und Schutzkasten ist je nach Größe 355—3000 *kg*. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Motorwelle und Wagen-

achse ist je nach der verlangten Geschwindigkeit und Umdrehungszahl des Motors 1:3·83—1:5·44. Für Schmalspurbahnen muß eine besonders gedrängte Konstruktion des Motors angewendet werden, damit er zwischen den Wagenrädern Platz hat.

Teile eines Straßenbahnmotors.

Aufhängung	Motor[1])	Vorgelege
Joch, Jochwechsel, Jochbolzen, Ankerlagerdeckel, Achslagerschale, Achslagerschmierdeckel, Ankerlagerschmierdeckel, obere Hängefeder, untere Hängefeder, Hängefederteller, Hängefederbolzen, Hängeöse, Stellring, Erdschlußstück, Erdschlußbolzen.	Oberes Gehäuse, Unteres Gehäuse, Kommutatorklappe, Revisionsklappe, Feldspule, Ankerspule, Anker, Kollektor, Kollektor-Eisenscheibe, Kollektor-Isolierscheibe, Ankerkappe, Bürstenhalter, Bürstenbrücke, rechter \ Bürsten- linker / kasten, Bürstenklappe, Bürstenfeder, Bürstenhalterschraube, Spulenhalter, Spulenhalterschraube, Ankerlagerbüchse, Ankerlagerschraube, Ölschutzring, Kollektorsegment, Kollektormutter, Kappenmutter, Revisionsklappenmutter.	Zahnrad, Radschutzkasten, Zahntrieb, Triebfeder (Keil), Triebmutter, Triebscheibe, Zahnradbolzen, Zahnradfeder (Keil), Radschutzkastenbolzen, Radschutzkastenschraube, Radschutzkastenschmierdeckel, Revisionsstöpsel, Ösenbolzen, Gehäusebolzen, Verbindungsklemme.

[1]) Die Angaben weichen bei den verschiedenen Fabriken etwas ab, jedoch nur in den Nebenteilen, im allgemeinen sind sie bei allen Konstruktionen dieselben.

Gleichstrombahnmotoren normaler Ausführungsart.

Siemens & Halske A.-G., Berlin.

Abmessungen in Millimetern.

Motor	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o≦	p	q≦	r	s	t	x*)
D 14/20	750	900	324	686	590	275	390	255	15	118	257	257	375	290	375	290	473	450	267	85
c D 17/18	800	830	348	718	615	325	420	290	40	107	293	298	400	315	350	320	487	420	263	85
c D 17/24	800	900	348	750	615	325	470	325	10	100	300	303	400	315	375	320	470	450	315	85
D 17/30	800	1240	348	772	560	324	450	282	5	110	310	314	400	315	540	310	660	630	353	85
c D 19/30	850	1240	396	825	605	345	495	270	40	110	335	335	445	345	490	345	695	590	410	80

a = Raddurchmesser
b = Breite mit Kasten über den Zahnrädern
c = Mitte Anker bis Mitte Radachse
d = Höhe über Schienenoberkante

*) x ist der Abstand zwischen Radschutzkasten und Schienenoberkante und richtet sich nach der Zahnradübersetzung; die Buchstaben über den Maßen beziehen sich auf Fig. 72 a—c.

Gleichstrommotoren für Motorwagen normaler Ausführungsart.

Siemens & Halske A.-G., Berlin.

Motortype	Normale Leistung P. S.	Umdrehungen per Minute bei normaler Leistung zirka	Betriebsspannung Volt	Kleinste Spurweite *mm*	Gewicht mit Zahnrädern und Schutzkasten *kg*
D 14/8·5 S.	8·5	810	500	450	385
g D 14/15 L.	13	560	500	560	600
g D 14/15 S.	19	690	500	560	600
D 14/20 L.	19	540	500	900	900
D 14/20 S.	22	700	500	900	925
g D 17/18 L.	22	520	500	685	900
c D 17/18 L.	22	520	500	900	925
g D 17/18 S.	27	770	500	685	900
c D 17/18 S.	27	770	500	900	925
c D 17/24 L.	27	530	500	1000	1200
c D 17/24 S.	42	570	500	1000	1200
D 17/30 L.	39	430	500	1435	1560
D 17/30 S.	48	580	500	1435	1560
D 17/30	52	800	750	1435	1560
c D 19/30	68	570	600	1435	1750
	85	720	750	1435	1750
D 150	100	370	600	1435	2250
	125	710	750	1435	2250
D 200	155	610	750	1435	2900

D 25/50 Spezialmotor für Bergbahnen.
L. bedeutet langsam, S. schnellaufend.

b) Die Stromabnehmer.

Für die Oberleitung auf Straßenbahnen sind drei verschiedene Stromabnehmer im Gebrauch. Des weiteren hat man Stromabnehmer für Unterleitungen und bei Hoch- und Tunnelbahnen Kontaktschuhe für die dritte Schiene neben oder zwischen den Geleisen.

Die Stromabnehmer für Oberleitung bestehen entweder in einer festen, nur um ihre wagerechte Achse beweglichen Rolle Konstruktion Sprague, oder in zwei beweglichen Achsen, einer wagerechten und einer senkrechten nach der Konstruktion von Dickinson.

Als Schleifkontakt ist auch der Siemenssche Bügel in Verwendung.

Die Spraguesche Kontaktrolle

besteht in einem bronzenen Kontakträdchen mit tiefer etwa parabolisch gestalteter Rinne (Fig. 73), die sich

Fig. 68. Ansicht der federnden Aufhängung.

in einer Gabel um eine wagerechte Achse (Fig. 75) dreht. Diese Gabel ist an einer 3·75—4·4 *m* langen Kontaktstange (Kontaktrute), gewöhnlich aus Mannesmannrohr, angebracht. Das untere Ende der Kontaktstange ist in einem Kontaktständer verschiedenster Konstruktion, von denen einer in Fig. 74 dargestellt ist, befestigt, so daß dieselbe mit einem Druck von $2^1/_2$—5 *kg* gegen den Kontaktdraht drückt und auf den Endhaltestellen in rückwärtige schräge Lage umgelegt werden kann. Da die Kontaktrolle bis zu 400 Umdrehungen in der Minute macht, muß für gute Schmierung mit Öl, Fett oder Graphit gesorgt werden und hat man für diese Zwecke die verschiedensten Ein-

richtungen ersonnen. Auch der auf dem Wagendach angebrachte Kontaktständer muß gute Schmierung erhalten, damit die Stange in den Krümmungen den Abweichungen des Kontaktdrahtes aus der Mitte folgen kann.

Die Dickinson-Rolle.

Besonders in England und auch bei einigen Bahnen in Deutschland hat man mehrfach die nach Dickinson konstruierte Rolle angewendet, d. h. eine Rolle, die auf wagerechter Welle angeordnet auch um

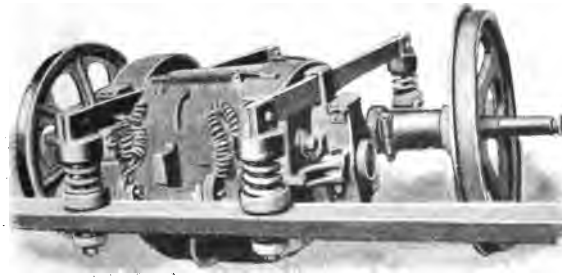


Fig. 69. Ansicht der federnden Aufhängung.

eine senkrechte Welle drehbar ist. Infolgedessen ist es möglich, einmal in Krümmungen des Geleises die Abspannung des Kontaktdrahtes mit größeren Abweichungen aus der Mitte anzulegen oder auch, wo es die Örtlichkeit erfordert, die Kontaktleitungen vollkommen seitwärts des Geleises anzubringen. Eine derartige Rolle ist in Fig. 76 abgebildet. Eine Kontaktrute dazu, die besonders für Decksitz-Wagen im Gebrauch ist, zeigt Fig. 77.

Der Siemens-Bügel.

Die sehr einfache und auch keiner größeren Abnützung als die Kontaktrolle unterworfene Einrichtung

wird von der Firma Siemens & Halske vielfach angewendet, wie z. B. auf der Dresdener Straßenbahn und einigen größeren Linien in Berlin. An Stelle einer einfachen Kontaktstange sind zwei Röhren angeordnet, die oben kreuzweise verbunden und mit einem ovalen Bügel, etwa in der Gestalt eines Korbbogens, versehen sind. Dieser Kontaktbügel wird entweder fest gelagert und nur in der Fahrtrichtung drehbar, wie in Fig. 78, angewendet, oder er ist auch um eine senkrechte Welle, wie die Kontaktrute auf dem Wagendach, drehbar (Fig. 79). Meistens ist er in der ersteren

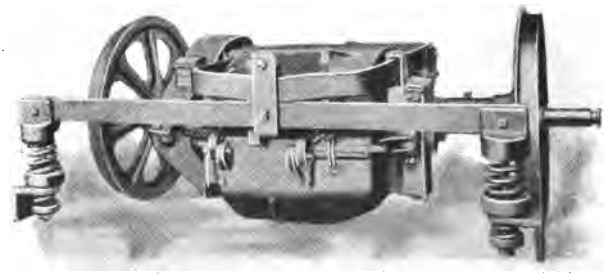


Fig. 70. Ansicht der federnden Aufhängung.

Gestalt im Gebrauch und dann so eingerichtet, daß er sich beim Wechsel der Fahrtrichtung in die hintere Lage selbsttätig umlegt. Häufig findet man die Ansicht verbreitet, daß der Bügel die Arbeitsleitung schneller abnützt als die Rolle. Nach den Erfahrungen in Dresden ist man jedoch zu der Überzeugung gekommen, daß der Bügelkontakt den denkbar günstigsten Einfluß auf die Haltbarkeit der Fahrdrähte hat. Der Schleifbügel verursacht infolge seiner leichten Konstruktion bei Kontaktschienen aus Weichmetall oder Aluminium, welche geschmiert werden, eine äußerst geringe Reibung und die Abnützung erstreckt sich nur auf das Anschleifen einer Fläche auf der Unter-

seite des Drahtes, welche die Kontaktfläche vergrößert und den Reibungsdruck vermindert. Die Rolle schleift dagegen oft mit ihren Flanschen an dem Arbeitsdrahte insbesondere in den Kurven. Demgemäß wird also der Arbeitsdraht beim Rollensysteme besonders an den Seiten und beim Bügelsysteme nur unten abgenützt. Die Abnützungsfläche stellt sich bald nach Betriebseröffnung der Bahn ein, schreitet aber kaum noch merkbar vorwärts, nachdem dieselbe bei Hartkupferdraht von 8 *mm* Durchmesser eine Breite von etwa 3 *mm* erreicht hat. Der Fortschritt der Abnützung

Fig. 71. Ansicht der federnden Aufhängung.

der Fahrdrähte ist in jährlich wiederkehrenden Messungen durch Mikrometer sorgfältig verfolgt worden, und es ist die anfangs schnellere, später kaum noch meßbare Abnahme des vertikalen Drahtdurchmessers unzweifelhaft festgestellt worden. Im Mittel hat nach vierjährigem Betriebe der letztere um 0·4 *mm* verloren, so daß der noch vorhandene Drahtquerschnitt noch über 96% des ursprünglichen beträgt. Viele lange Strecken des Fahrdrahtes in der Geraden weisen eine geringe Abnützung auf, während über Kurven, wo durch Schleudern des Wagens leicht ein seitliches Schwanken beziehungsweise Geigen des Bügels auftritt, und gleichzeitig stärkere Stromabnahme stattfindet,

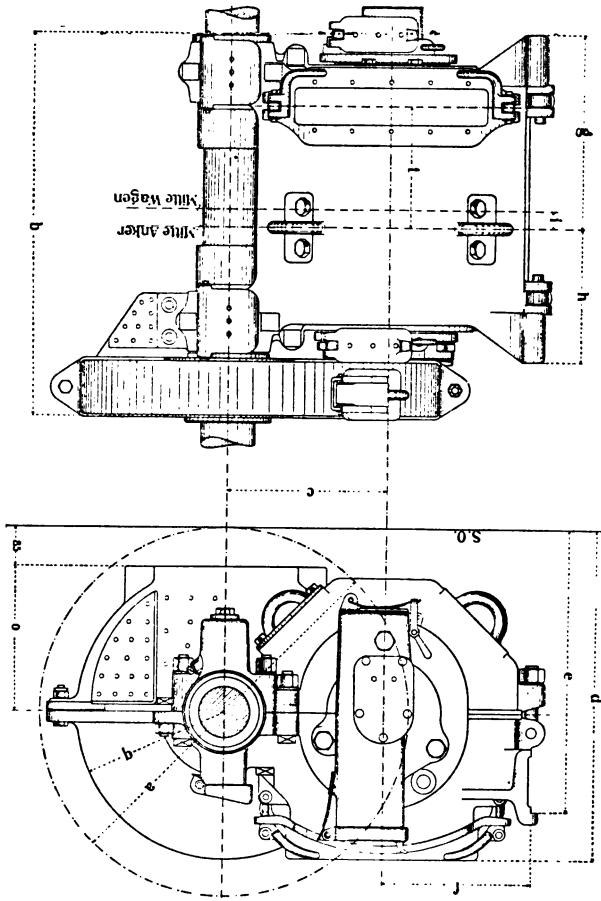


Fig. 72a und b. Siemensmotor mit Vorgelege.

Abnützungen des vertikalen Fahrdrahtdurchmessers um beinahe 1 *mm* festgestellt wurden. Ein Teil dieser über das vorige Maß hinausgehenden Abnützungsstellen, die überhaupt nur auf ganz kurzen Strecken — oft

nur von wenigen Zentimetern Länge — zu finden sind, ist unzweifelhaft auf Ungleichmäßigkeit in der Härte des Fahrdrahtes — vielleicht verursacht durch Ausglühen desselben bei einer Lötung — zurückzuführen.

Vorschriften für Bügelkontakt der Dresdener Straßenbahn.

1. Der Stromabnehmer muß in seinem oberen Teile die Form eines gleichschenkeligen, sphärischen Dreieckes mit abgerundeten Ecken haben.

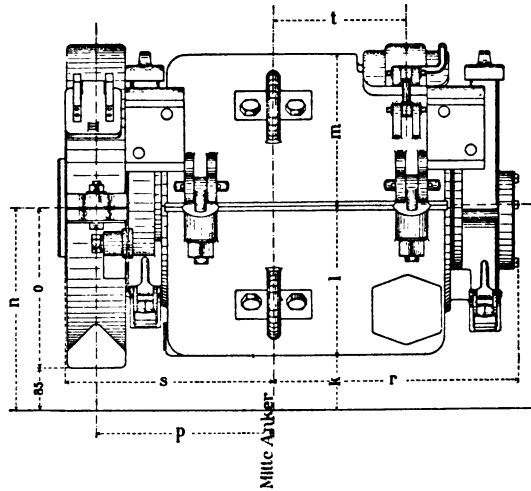


Fig. 72 c. Siemensmotor mit Vorgelege.

Die nach oben gerichtete Grundlinie des Dreieckes muß nach Abrundung der Ecken mit 7·5 *cm* Radius noch eine Breite von 1·40 *m* haben und nach einem Radius von 2·50 *m* gekrümmt sein.

Die Höhe des Dreieckes muß ungefähr 1 *m* und der Krümmungsradius der beiden Schenkelseiten 1·40 *m* betragen.

Die Länge der auswechselbaren Kontaktschiene hat mindestens 1 *m*, nach jeder Seite der Mittellinie des Dreieckes, also mindestens 0·50 *m* zu betragen.

2. Um das Hängenbleiben des Stromabnehmers an der Leitung zu verhüten, dürfen an dessen Außenseite irgend welche Befestigungsteile nicht hervorstehen.

Fig. 73. Kontaktrad.

Der Stromabnahmebügel ist an dem Untergestell dergestalt zu befestigen, daß, wenn gleichwohl der Stromabnehmer an der Leitung hängen bleiben sollte, ein Herunterreißen der letzteren ausgeschlossen ist und daher eher der Stromabnehmer aus seiner Befestigung geht.

3. Die Mittellinie des unter 1 beschriebenen Dreieckes muß mit der Mittellinie des Wagens zusammenfallen, und es ist die Drehachse so zu lagern und das ganze Bügelgestell so stabil zu machen, daß auch bei den größten seitlichen Schwankungen des Wagens die höchste Weite der federnden Ausschlagungen des Bügels nach jeder Seite nicht über 5 *cm* beträgt.

4. Das Gewicht der Kontaktschiene darf 1 *kg* nicht überschreiten, während das Gewicht des Rohrgestelles bis zum Drehpunkte, einschließlich der Kontaktschiene, höchstens 10 *kg* betragen darf.

5. Die Abfederung des Bügels muß so beschaffen sein, daß derselbe an einem 5 *m* über der Straße gespannten Leitungsdraht mit einem Druck von höchstens 3·5 *kg* anliegt.

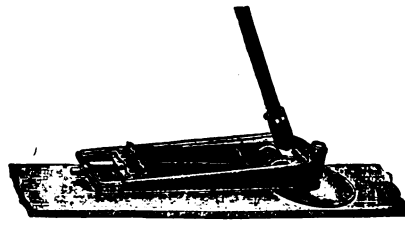


Fig. 74. Drehlager für Kontaktrute.

Dieser Druck darf sich auch bei Veränderungen der

Höhenlage des Fahrdrahtes in den Grenzen zwischen 4·5 und 5·3 *m* nicht wesentlich ändern.

Bei Anordnung der Federung des Bügels ist darauf Bedacht zu nehmen, daß eine Funkenbildung bei Abnahme des Stromes möglichst vermieden wird.

6. Der Bügel darf beim Umlegen unter einer Leitung von 5·1 *m* Höhe diese nicht mehr als 15 *cm* aufheben.

7. Ungefähr zwei Dritteile der in Betrieb befindlichen .Kontaktschienen müssen aus einem mit Weißmetall umgossenen Messing- oder Rotgußstab bestehen, ein Dritteil dagegen aus zusammengenieteten Aluminiumblechstreifen, deren Zwischenräume abwechselnd mit Weißmetall und Fett gefüllt sind.

Fig. 75. Gabel für Kontaktrolle.

c) Die Fahrschalter und Schaltungen.

Da der innere Widerstand des Ankers der Elektromotoren sehr gering ist und erst in dem Augenblick, wo der Anker seine volle Umlaufgeschwindigkeit erreicht hat, eine gegenelektromotorische Kraft und somit ein scheinbarer Widerstand entsteht, ist die Anwendung von Hilfsvorrichtungen, nämlich von Anlaß-Widerständen für das Anfahren erforderlich, damit nicht zu hohe Stromstärken die Wicklungen des Ankers zerstören. Es ist außerdem erforderlich, daß man die Umdrehungsgeschwindigkeit des Ankers in weiten Grenzen verändern kann, um auf diese Weise die Fahrgeschwindigkeit

Fig. 76. Die Dickinsonrolle.

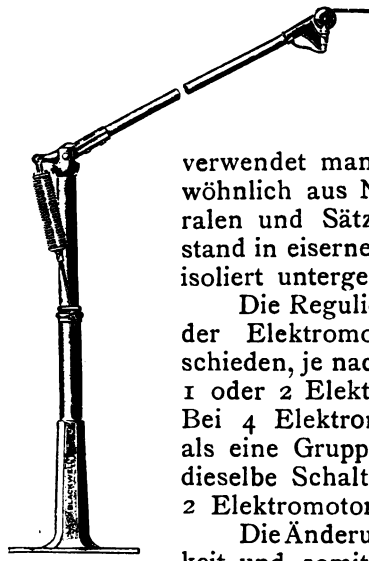


Fig. 77. Die Dickinsonrolle mit Kontaktrute.

des Wagens nach Bedarf zu wechseln oder die Wagen anzuhalten, beziehungsweise anzufahren. Für diese Zwecke verwendet man Regulierwiderstände, gewöhnlich aus Nickelin-Draht, die in Spiralen und Sätzen von gewissem Widerstand in eisernen Gehäusen auf Porzellan isoliert untergebracht sind.

Die Regulierung der Geschwindigkeit der Elektromotoren ist außerdem verschieden, je nachdem der Motorwagen mit 1 oder 2 Elektromotoren ausgerüstet ist. Bei 4 Elektromotoren pflegt man je 2 als eine Gruppe zu behandeln und also dieselbe Schaltung anzuwenden wie bei 2 Elektromotoren.

Die Änderung der Umlaufgeschwindigkeit und somit der Fahrgeschwindigkeit wird dadurch bewirkt, daß man bei einem Elektromotor die Stromstärke durch Vorschalten oder durch Abschwächen der Feldmagnete erzielt, indem man die Widerstände mit den Feldspulen in Nebenschluß schaltet. Das Vorschalten von Widerständen wird gebraucht beim Anfahren, die Nebeneinander-Schaltung mit den Feldspulen zum schnelleren Fahren.

Da das Vorschalten von Widerständen und auch die Anwendung von Widerständen überhaupt immerhin gewisse Energieverluste bedingt, so wendet man vielfach zwei Motoren an, die man dann in verschiedener Weise miteinander, wie auch mit den Widerständen kombinieren kann. Man erhält auf diese Weise die in Fig. 80 dargestellten sechs verschiedenen Verbindungen. Der Engländer Hopkinson hat diese Schaltungsweise

bereits in einem englischen Patent 1881 niedergelegt, während Anthony Reckenzaun sie zuerst bei seinen Akkumulatorenwagen anwandte und später auch in

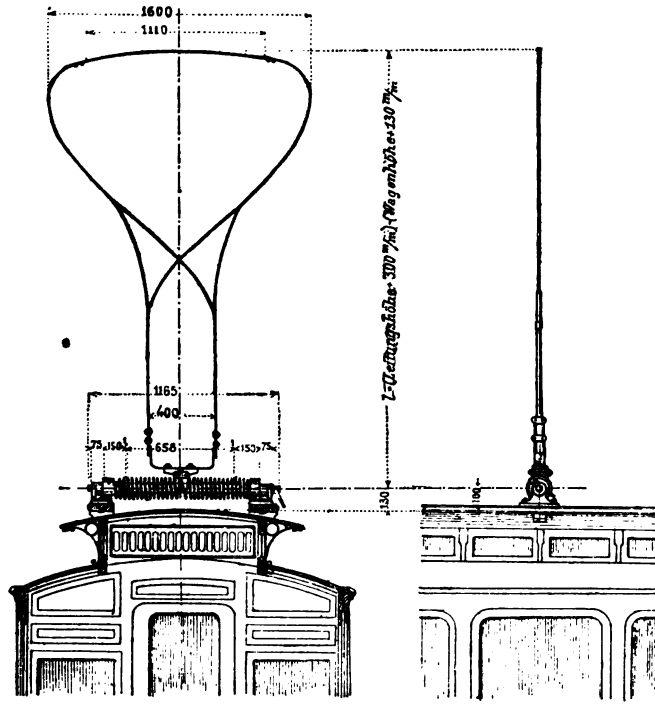


Fig. 78. Siemensbügel, fest.

Österreich ein Patent auf einen hiezu erforderlichen Schalter nachsuchte. Die mit zwei Motoren und einem Widerstande möglichen sechs Kombinationen sind folgende:

a) Bei einem Motor mit einem Widerstand in Reihe.

b) Ein Teil des Widerstandes ausgeschaltet.
c) Der ganze Widerstand ausgeschaltet.
d) Beide Motoren nebeneinander der Widerstand davorgeschaltet.

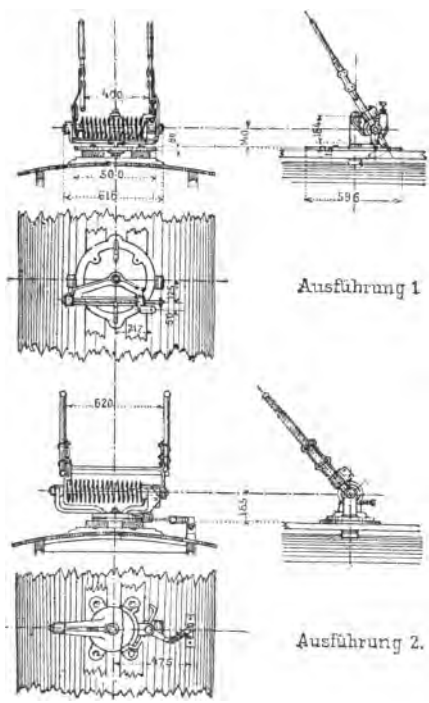


Fig. 79. Siemensbügel, drehbar.

e) Ein Teil des Widerstandes ausgeschaltet.
f) Der gesamte Widerstand ausgeschaltet,
so daß dann beide Motoren die volle Spannung in der Nebeneinander-Schaltung empfangen.

In der Praxis führt man diese Schaltung in der Weise aus, daß man beim Wechsel aus einer Stellung in die andere zunächst für einen Augenblick Widerstand vorschaltet und bei der nächsten Stufe denselben ganz oder teilweise abschaltet. Es geschieht dies hauptsächlich, um starke Funkenbildung zu vermeiden.

Die Fahrschalter im allgemeinen bestehen in einem auf der Plattform angebrachten Gehäuse (Fig. 81), in deren Innerem eine oder mehrere Schaltwalzen, beziehungsweise Kontaktwalzen, drehbar ge-

lagert sind, wie dies z. B. in der Fig. 82 nach der Konstruktion von Siemens & Halske dargestellt ist. Die von oben nach unten durchgehende Walze in der Mitte hat auf ihrem Umfange verschieden gestaltete Kontaktsegmente, auf denen seitlich eine Anzahl federnder Kontaktfinger aufliegt, so daß beim Drehen der oben angebrachten Kurbel die gewünschten Schaltungen ausgeführt werden. Rechts in dem Gehäuse ist außerdem noch eine geteilte Walze sichtbar, welche

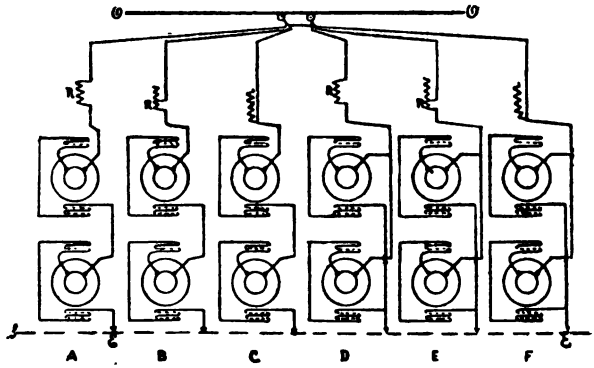


Fig. 80. Schaltung zweier Motoren.

zur Umkehrung der Fahrtrichtung dient, indem man die Stromrichtung am Anker durch Drehen der Walze umkehrt. Der Fahrschalter ist in Fig. 83 im Querschnitt und in oberer Ansicht nochmals dargestellt. Die untere Hälfte der rechten Walze dient zum Laden der Akkumulatoren bei gemischtem Betriebe und fällt bei direkter Stromzuführung fort.

Da man die Motorwagen vielfach so stark baut, daß sie einen oder mehrere Anhängewagen zu gleicher Zeit ziehen können, so sind gewisse Kuppelungen für die magnetischen Bremsen und die Beleuchtung

erforderlich. Die Fig. 84 stellt unter anderem zwei Wagen dar, von denen am Wagendach die Kuppelung *a* für die Beleuchtung und darunter *b* für die Magnetbremse dient. Der Kontakt für die Beleuchtung ist in Ansicht und Schnitt in Fig. 85 *a b* dargestellt. Eine Bremskuppelung zeigt Fig. 86 *a b*, links ist die Klappe der Kuppelungsdose gehoben, rechts ist sie geschlossen dargestellt. Eine Ansicht der Kuppelungen mit eingesetzten Doppelleitungen zeigt Fig. 86*c*.

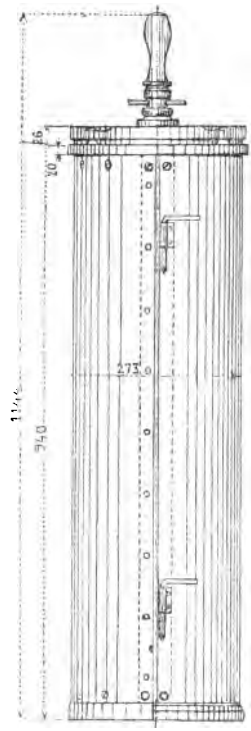


Fig. 81. Fahrschaltergehäuse.

Die sämtlichen Verbindungen (Montagezeichnung) zwischen den Fahrschaltern von denen je einer an den Enden des Motorwagens angebracht ist, sind nach einer Originalzeichnung von Siemens & Halske in Fig. 87 dargestellt, die nach den darin gegebenen Aufschriften ohne weiteres verständlich ist.

Jeder Wagen hat zur Sicherheit über dem Fahrschalter unter dem Dach des Wagens einen Handausschalter, der vielfach auch mit einem Selbstausschalter gleichzeitig kombiniert ist. Statt des Selbstausschalters wendet man jedoch auch Bleisicherungen an, die aber niemals so sicher wirken, wie die elektromagnetischen Selbstausschalter.

Bei der großen Zahl von Konstruktionen, den verschiedenen Bedürfnissen für Fahrzeuge und somit erforderlichen Abweichungen voneinander, ist es

nicht möglich, hier alle diese verschiedenen Einrichtungen an Fahrschaltern zu beschreiben; nur die Funkenlösch-Einrichtung mag hier noch erwähnt werden, die bei allen Fahrschaltern angewendet zu werden pflegt.

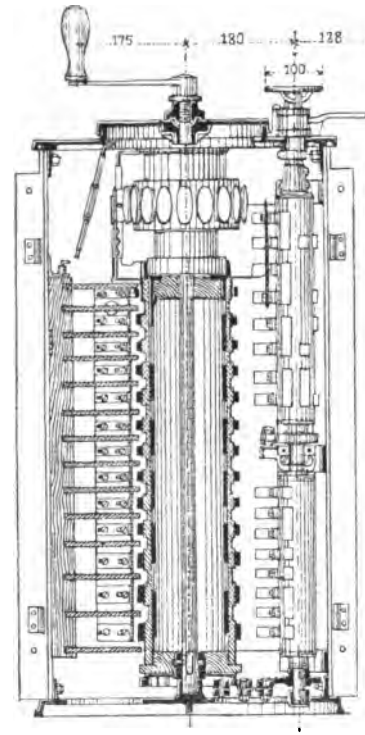


Fig. 82. Fahrschalter-Einrichtung.

Die Bewegung der Schaltkurbel und somit der Schaltwalze muß zur Vermeidung unnötiger Funkenbildungen von Kontaktknopf zu Kontaktknopf ruckweise geschehen, immerhin sind Funkenbildungen bei 500 Volt Spannung nicht zu vermeiden und hat man daher gewisse Einrichtungen getroffen, dieselben unschädlich zu machen, indem man entweder isolierende Scheiben zwischen die einzelnen Kontaktfinger und Kontaktsegmente setzt oder auch Blas-Magnete anwendet, d. h. flache Drahtspulen, von denen je eine zwischen je zwei Kontaktfingern angebracht ist und alle in einem Fahrschalter hintereinander eingeschaltet sind.

d) Beleuchtung und Heizung.

Die Beleuchtung der Wagen geschieht im allgemeinen mit Glühlampen. Der Wagen hat eine oder zwei Kopflaternen (Fig. 88, 89), eine Schlußlaterne und, je nach seiner Größe, mehrere Lampen im Inneren. Zuweilen hat man auch noch je eine Lampe auf der Plattform außen angebracht. In Berlin ist die Einrichtung derart getroffen, daß vorn zwei Kopflaternen vorhanden sind, von denen die eine eine große Ziffer zur Bezeichnung der Linien trägt. Außerdem geben beide Laternen durch Linsen noch Seitenlicht nach einem Kopfschild, das gewöhnlich dreieckig und drehbar ist, auf dem die Endstation der Linie angegeben wird. Um in einfacher Weise diese Lampen mit dem Betriebsstrom der Elektromotoren zu speisen, schaltet man fünf Lampen von je 100 Volt hintereinander, so daß der Wagen entweder 5 oder ein Mehrfaches von 5 Lampen erhält. Für Innenbeleuchtung dienen z. B. die Laternen Fig. 90.

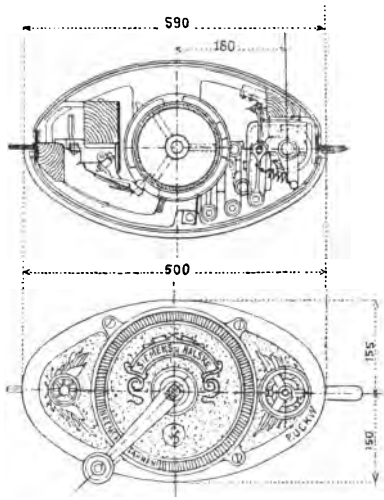


Fig. 83. Fahrschalter, obere Ansicht und Querschnitt.

In kalten Gegenden, in der gemäßigten Zone, ist im Winter Heizung der Wagen erforderlich, die entweder mit Glühstoff oder mit Elektrizität ausgeführt wird. Wo der elektrische Strom billig ist, kann man in

einfachster Weise elektrische Heizung anwenden, indem man entweder unter den Sitzen oder unter den Rückenlehnen Drahtwiderstände anbringt, durch deren Veränderung man die Wärme in weiten Grenzen regulieren kann.[1])

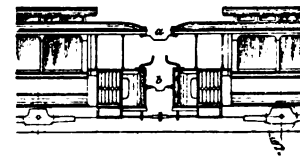
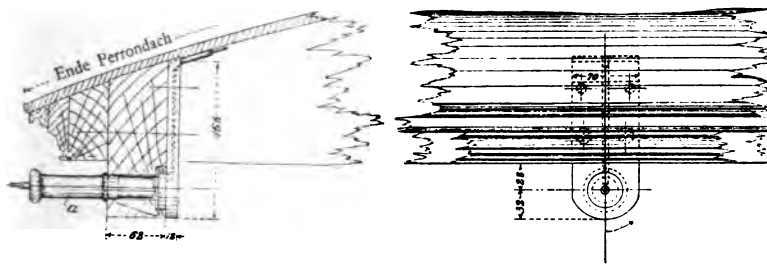


Fig. 84. Kuppelung zwischen zwei Wagen.

Blitzableiter.

Da sowohl die Motorwagen als auch insbesondere die Oberleitungen und eiserne Maste vielfach Blitzschlägen ausgesetzt sind, so pflegt man sie dagegen



85 a b. Kuppelung für Wagenbeleuchtung.

durch besonders konstruierte Blitzableiter zu schützen, von denen jeder Motorwagen einen auf dem Dach enthält, während man die Oberleitungen etwa alle 500 *m* damit versieht. Eine vielfach gebrauchte Einrichtung ist der Hörner-Blitzableiter von Siemens & Halske (Fig. 91). Der eine Bügel wird zur Erde abgeleitet, der andere mit der Stromzuführung auf dem Dach des Wagens bei der Kontaktstange vereinigt.

[1]) S. Elektr. Mitteilungen 1902. Heft IV. S. 52—55: Neue elektr. Heizvorrichtungen der Allgem. Elektr. Gesellschaft.

Damit jedoch bei Einschlagen des Blitzes in einen Wagen nicht etwa dieser oder ein Elektromotor zerstört werde, ist bei der Wagenleitung dicht hinter der Kontaktstange eine Induktionsspule eingeschaltet,

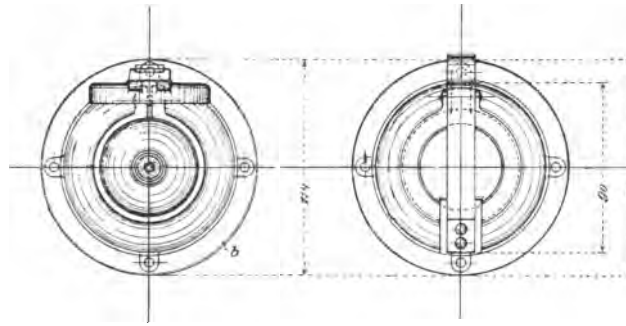


Fig. 86a. Kuppelung für Bremse.

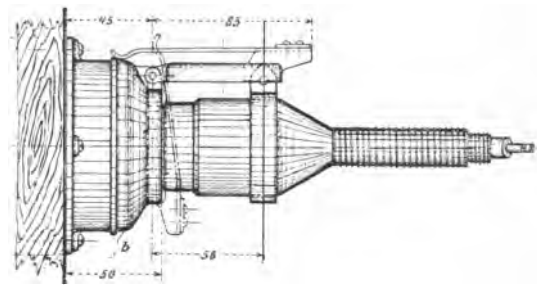


Fig. 86b. Kuppelung für Bremse.

welche aus etwa zehn Windungen starken Drahtes besteht, so daß eine Spule von etwa 10 *cm* Durchmesser gebildet wird. Die Selbstinduktion der atmosphärischen Entladung genügt, um Eindringen des Blitzes in den Wagen zu verhindern und ihn nach dem Hörner-Blitzableiter abzulenken.

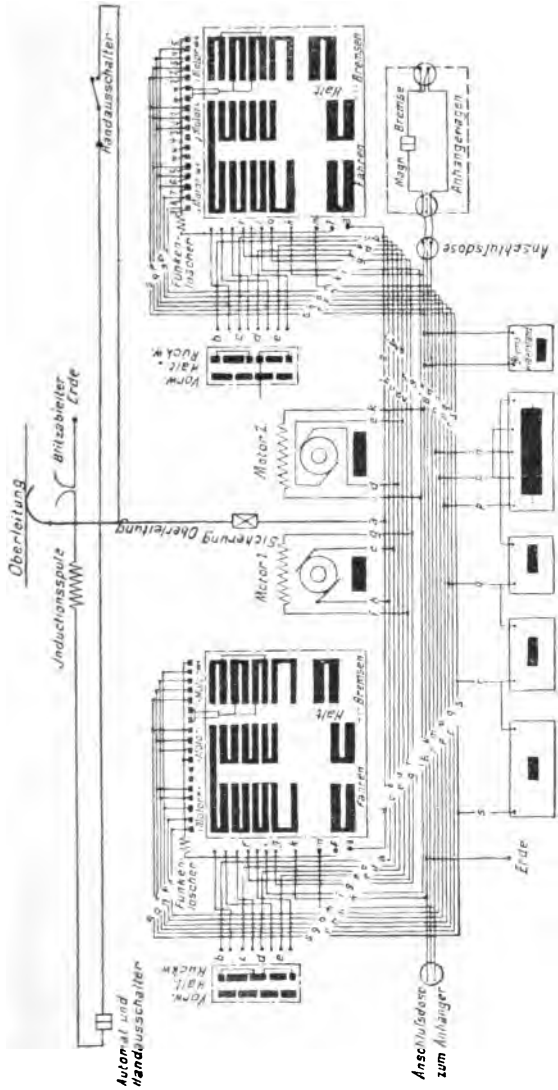


Fig. 87. Wagenschaltung von Siemens & Halske.

Die Wirkung dieses Blitzableiters ist in Fig. 92 dargestellt. Der zwischen den Metallbügeln auftretende Lichtbogen verlöscht sehr schnell, weil die Luft erwärmt ist und die von unten nachdringende kalte Luft den Lichtbogen schließlich unterbricht.

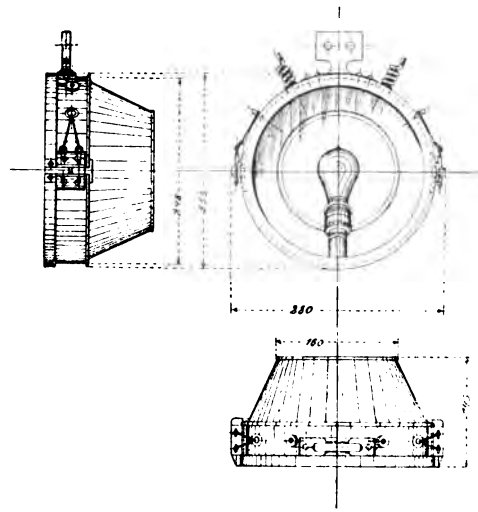


Fig. 88. Kopflaterne für eine Lampe.

Vorschriften für Führer von Motorwagen.[1])

Allgemeines.

Aufgabe des Wagenführes ist es, den Wagen gemäß dem Fahrplane zu handhaben. Derselbe ist verpflichtet, nach besten Kräften dafür zu sorgen, daß das Interesse des Dienstes gewahrt wird. Höfliches Benehmen gegen das Publikum wird ihm zur Pflicht gemacht. Ist Gefahr im Anzuge, so hat derselbe ener-

[1]) Nach »Elektr. Verkehrstechnik« von Joh. Zacharias. Costenoble Jena.

gisch einzuschreiten, um dieselbe abzuwenden. Jedem Wagenführer wird nach erfolgter Aufnahme mitgeteilt, wen er als seinen Vorgesetzten zu betrachten hat. Den Anordnungen desselben hat er pünktlich und willig Folge zu leisten. Im Dienste ist darauf zu sehen, daß die Polizeiverordnungen befolgt und die sonstigen

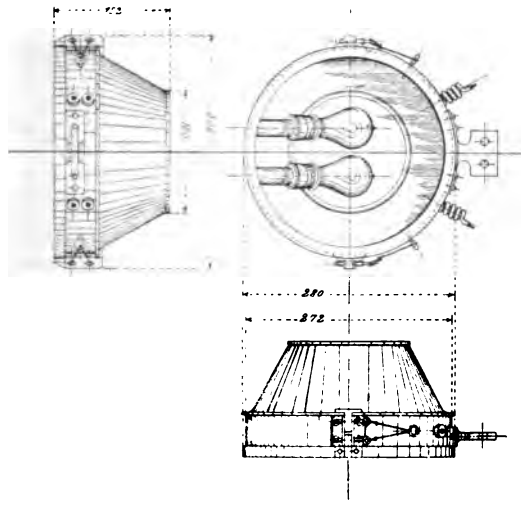


Fig. 89. Kopflaterne für zwei Lampen.

behördlichen Vorschriften eingehalten werden. Der Wagenführer erscheint im Dienste stets in der vorgeschriebenen Kleidung, welche sich in sauberem, ordentlichem Zustande befinden soll.

Befehle werden in der Regel mündlich erteilt, außerdem jedoch sind die am schwarzen Brett oder in einem besonderen Befehlbuche mitgeteilten Weisungen der Vorgesetzten zu befolgen. Denselben ist auch dann nachzukommen, wenn sie sich auf Dienst-

leistungen zu außergewöhnlichen Zeiten beziehen. Damit solche Anordnungen rechtzeitig bekannt gemacht werden können, hat jeder Wagenführer seine Wohnung in dem Betriebszimmer anzugeben und bei Wohnungsveränderungen den Umzug rechtzeitig zu melden.

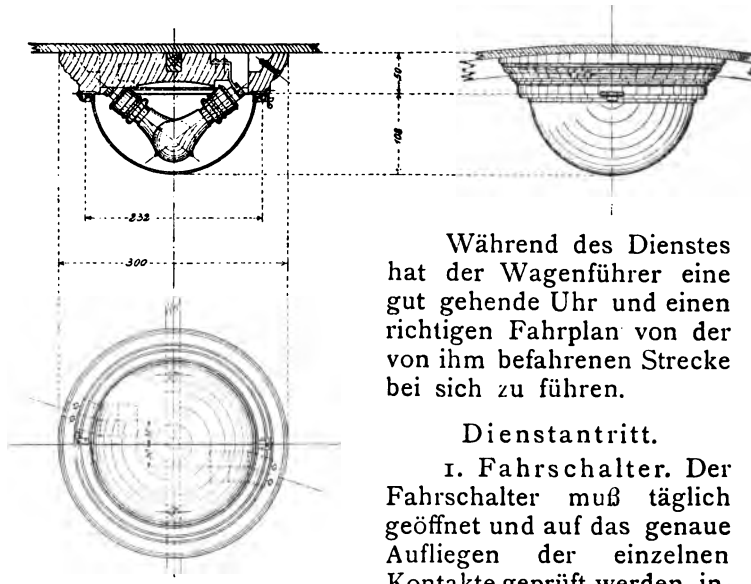


Fig. 90. Innenlaternen.

Während des Dienstes hat der Wagenführer eine gut gehende Uhr und einen richtigen Fahrplan von der von ihm befahrenen Strecke bei sich zu führen.

Dienstantritt.

1. Fahrschalter. Der Fahrschalter muß täglich geöffnet und auf das genaue Aufliegen der einzelnen Kontakte geprüft werden, indem nach Öffnen des Notschalters die Regulierwalze mehrfach vor und rückwärts gedreht wird, wobei auf gutes Aufliegen der Kontakte sorgsam zu achten ist.

Die Kontaktstellen müssen stets metallisch rein und blank sein; leichte Brandstellen sind mit Schmirgelleinen oder der in jedem Wagen befindlichen Schlichtfeile zu entfernen. Kein Teil des Fahrschalters darf mit Öl geschmiert werden.

2. Bremse. Die Bremse muß so eingestellt sein, daß der Wagenführer in dem Augenblicke, wo die Bremsbacken die Räder angreifen, im stande ist, mit voller Kraft an dem Hebel zu drücken. Die Backen selbst müssen des Morgens noch so stark sein, daß

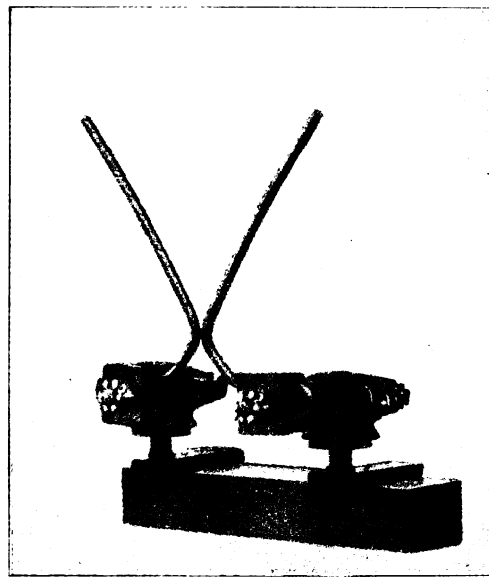


Fig. 91. Hörnerblitzableiter.

sie mit Sicherheit im stande sind, den Dienst zu verrichten. Ein Wagen, an dem die Bremsbacken soweit abgenutzt sind, daß sie der obigen Bedingung nicht entsprechen, darf nicht in Betrieb genommen werden, da durch das Versagen der Bremse Unfälle hervorgerufen werden können.

3. Lampen. Sämtliche Lampen sind darauf zu prüfen, ob sie ordnungsmäßig brennen, schadhafte Lampen sind umzuwechseln.

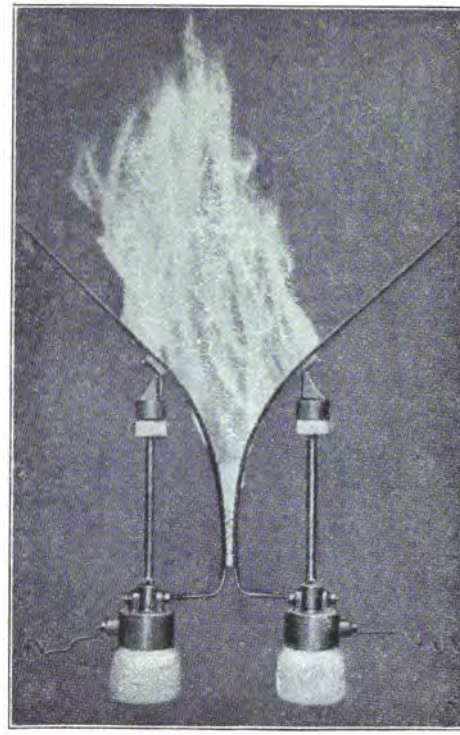


Fig. 92. Hörnerblitzableiter (Wirkung).

4. Inventar. Das Wageninventar ist an der Hand des im Werkzeugkasten befindlichen Inventarverzeichnisses zu übernehmen und ist der Führer nach der Übernahme für das gesamte Wageninventar verant-

wortlich. Zum Inventar gehören insbesondere als Reserve Bleisicherungen für den Hauptstrom, für Licht und eine Glühlampe. Es ist Aufgabe der Nachtschicht, dafür zu sorgen, daß alle diese Arbeiten ordnungsmäßig besorgt sind, wenn der Wagenführer den Dienst antritt. Findet sich, daß ein Teil derselben mangelhaft oder gar nicht durchgeführt ist, so hat der Wagenführer hierüber Meldung zu erstatten.

Hat der Führer den Wagen übernommen, so trägt derselbe die Verantwortung für etwaige Begebnisse während der Dienstzeit. Selbst dann, wenn der Wagen in nicht ordnungsmäßigem Zustande übernommen wurde, trägt der Führer die Verantwortung, da derselbe verpflichtet ist, diesen Zustand zur Anzeige zu bringen und auf Verbesserung vor Übernahme des Wagens zu dringen.

Fahrdienst.

Bevor der Wagen das Depot verläßt, muß der Führer sich überzeugen, daß die Bremsen auf beiden Perrons lose sind.

Beim Anfahren des Wagens muß der Führer stets ein Signal mit der Glocke geben. Während der Fahrt muß er stets sein Augenmerk auf die Straße richten und darauf achten, daß der Fahrt keine Hindernisse entgegenstehen, insbesondere, daß die Weichen richtig gestellt und die Geleise frei von Gegenständen sind, welche eine Beschädigung der Wagenausrüstung zur Folge haben könnten. Wartet ein Wagen in der Weiche, so darf er aus derselben nicht früher abfahren, als bis der entgegenkommende Wagen die Einfahrtsweiche vollständig passiert hat.

Falls der Wagen beim Anfahren versagt, ist zu untersuchen:

1. ob die Fahrrolle unter dem Fahrdraht sitzt,
2. ob beide Notausschalter geschlossen,

3. ob die Schmelzsicherung in Ordnung,

4. ob der Umkehrhebel gänzlich bis ans Ende gedreht,

5. ob überhaupt Strom vorhanden, zu prüfen durch Einschalten der Lampen,

6. ob zwischen Rädern und Schienen ein vollständiger metallischer Kontakt vorhanden,

7. ob alle Verbindungen in Ordnung.

Während der Fahrt befindet sich die rechte Hand des Führers stets an der Bremskurbel, die linke an der Fahrschaltkurbel.

Bei Anfahren des Wagens ist die Fahrschalterkurbel ruckweise von Marke zu Marke zu drehen, bis die gewünschte Fahrgeschwindigkeit erreicht ist.

Der Führer darf sich weder auf die Brems- und Fahrschalterkurbel stützen, noch letztere zwischen zwei Kontakten stehen lassen. Um den Wagen in Gang zu setzen, ist die Kurbel nach rechts zu drehen. Bei Handhabung der Kurbel ist folgendes genau zu beachten:

Die Fahrschalterkurbel darf niemals bewegt werden, ehe die Bremsen gelöst sind. Die Bremsen dürfen niemals angezogen werden, bevor die Fahrschalterkurbel auf »Aus« steht.

Vor Abfahrt des Wagens ist stets zuerst die Bremse zu lösen, die Umkehrkurbel richtig zu stellen, die Notausschaltung zu schließen.

Zum Verringern der Fahrgeschwindigkeit ist die Fahrschalterkurbel schnell zurückzudrehen. In Weichenkrümmungen und Kreuzungen, in Strecken mit Gefälle und beim Scheuen von Zugtieren ist die Geschwindigkeit stets entsprechend zu verringern.

Zum Anhalten des Wagens ist die Fahrschalterkurbel bis auf »Aus« zurückzudrehen und dann die Bremse anzuziehen. Zum raschen Anhalten in Fällen dringender Gefahr ist die Fahrschalterkurbel bis auf

»Aus« schnell zurückzudrehen, die Umkehrkurbel auf »Zurück« zu stellen, die Fahrschalterkurbel wieder auf Marke 1 zu drehen, bis der Wagen sich nach rückwärts bewegt, dann ist sogleich die Fahrschalterkurbel auf »Aus« zu drehen und die Bremse anzuziehen.

Von diesem Mittel ist aber nur in Fällen dringender Gefahr Gebrauch zu machen. Der Führer, welcher bei gewöhnlichem Betrieb Gegenstrom ausgibt, anstatt sich der Bremse zu bedienen, wird bestraft, im Wiederholungsfalle entlassen.

Sollten irgendwelche Unregelmäßigkeiten vorkommen, oder der Wagenführer merken, daß die Regulierkurbel bei dem Abstellen des Stromes nicht mehr wirkt, so ist unverzüglich mit schnellem Ruck der Notausschalter, der sich an der Decke des Perrons befindet, herauszuziehen, wodurch der Stromkreis sofort unterbrochen wird. Alsdann ist sofort zu bremsen.

Bei genügendem Gefälle in Luftweichen und Kreuzungen ist ohne Strom zu fahren. Hierzu ist die Kurbel auf »Aus« zu stellen. Bei Gefälle ist die Fahrgeschwindigkeit mit der Bremse zu regulieren. Beim Entgleisen der Kontaktrolle oder sonstigen außergewöhnlichen Vorkommnissen ist die Fahrschalterkurbel schnell bis auf »Aus« zurückzudrehen, die Bremse anzuziehen, die Rolle wieder anzulegen.

Im Falle einer Entgleisung ist der Wagen, wenn tunlich, mittels des Stromes wieder in die Geleise zurückzubringen. Bevor der Führer dies aber versucht, hat er sich davon zu überzeugen, daß nicht durch eine Beschädigung (Verbiegung einer Achse etc.) eines der Räder verhindert ist, sich frei zu drehen, weil in letzterem Falle der Motor überlastet werden würde. Können die Räder sich nicht frei drehen, so

ist der Wagen durch Wagenwinden wieder in das Geleise zurückzubringen.

Beim Verlassen des Wagens auf der Endstation ist die Fahrschalterkurbel auf »Aus« zu stellen, die Bremse fest anzuziehen, der Notausschalter in der späteren Fahrtrichtung zu öffnen, Fahrschalterkurbel und Umkehrhebel abzunehmen und der Stromabnehmer umzulegen.

Beim Verlassen des Wagens im Wagenschuppen ist die Fahrschaltkurbel auf »Aus« zu stellen, der Notausschalter zu öffnen, Fahrschaltkurbel und Umkehrhebel abzunehmen, die Bremse zu lösen.

Wenn bei nassem Wetter die Räder gleiten, so ist der Sandstreuer zu benutzen, welcher aus diesem Grunde stets in gebrauchsfähigem Zustande sein muß.

Läßt sich die Fahrschalterkurbel nicht auf »Aus« zurückbringen oder bemerkt der Führer nach Ausschalten des Kontrollers irgend welche Unregelmäßigkeiten an demselben, so ist unverzüglich mittels des Notausschalters auszuschalten.

Zum Rangieren darf nie die Umkehrkurbel, sondern nur der Fahrschalter des in der Fahrtrichtung gelegenen Perrons benutzt werden. Halten in Kurven, besonders in Weichen-Einfahrten, sowie auf größeren Steigungen außerhalb der Haltestellen ist untersagt.

Der Stromabnehmer

muß nach allen Richtungen leicht beweglich sein. Die Rolle muß leicht laufen und darf nicht am Fahrdraht schleifen. Macht sich während der Fahrt ein rasselndes Geräusch an der Rolle bemerkbar, so ist dies abends dem Maschinenmeister zu melden.

Die Bleisicherung

kann abschmelzen infolge zu starker Belastung der Motoren, sowie durch Fehler innerhalb der Motoren

oder der Stromleitungen des Wagens. Schmilzt eine Bleisicherung, so ist sofort der Notausschalter zu öffnen und eine neue Bleisicherung einzusetzen.

Der Führer muß dem nächsten Kontroller sofort von dem Schmelzen der Bleisicherung und deren mutmaßlicher Ursache Meldung machen und eine neue Bleisicherung verlangen.

Blitzableiter.

Bei Gewitter sind stets die Glühlampen einzuschalten.

Der Blitzableiter ist nach jedem Gewitter zu untersuchen. Hierzu wird die Kontaktstange flach auf das Wagendach herabgezogen und erst dann die Spindel aus ihrer Fassung herausgenommen. Dieselbe ist, wenn durch Blitzschlag beschädigt, sobald als möglich auszuwechseln.

Läuft ein Lager heiß, so ist dasselbe häufig zu schmieren. Sollte durch das Schmieren die Erhitzung nicht vermindert werden, so ist der Wagen außer Betrieb zu setzen.

Glockensignale

sind zu geben bei Abfahrt des Wagens, vor Passieren von Straßenkreuzungen, sowie sobald der Führer bemerkt, daß sich Personen oder Fuhrwerke auf der Bahnstrecke zu nahe befinden.

Fahrgeschwindigkeit.

Der Wagenführer erhält einen für seinen Wagen bestimmten Fahrplan. Die auf demselben angegebenen Ankunfts- und Abfahrtszeiten sind genau einzuhalten. Wird die freie Fahrt durch Fuhrwerke oder sonstige Hindernisse zeitweilig gehindert, so ist die Versäumnis durch erhöhte Geschwindigkeit auf dem geradlinigen Teil der Strecke nach Möglichkeit wieder einzubringen.

In Kurven von Straßenkreuzungen und bei der Einfahrt in Weichen ist langsam zu fahren. Vor der Einfahrt in die letzteren ist der Strom mittels des Fahrschalters auszuschalten.

Begegnen sich zwei Wagen an den Ausweichstellen, so ist darauf zu achten, daß beide nie gleichzeitig anfahren dürfen.

* * *

Für gemischten Betrieb sind diese Vorschriften entsprechend zu erweitern, auch bezüglich der Kurzschlußbremsen, Magnetbremsen, Lade- und Entladestrecken der Batterien.

e) Sicherheitsvorrichtungen.

Der elektrische Betrieb der Straßenbahnwagen erfordert aus mehrfachen Gründen sehr wirksame Bremsvorrichtungen, wie man sie früher bei den älteren Pferdebahnwagen nicht notwendig hatte.

Während bei diesen die Handbremse (Fig 93) genügte, ist man jetzt genötigt, mechanisch wirkende Bremsen anzuwenden, bei denen es nicht auf Kraftäußerung des Wagenführers ankommt. Zu diesen gehören: die elektrische Kurzschlußbremse, die magnetische Bremse, die Luftdruckbremse und die Schienenbremse. Neuerdings ist auch noch eine andere Konstruktion von dem schwedischen Ingenieur Lundell zur Ausführung gekommen, bei welcher der Elektromotor dadurch Arbeit leistet und also gebremst wird, daß er als Dynamomaschine Strom in die Leitung sendet.

Die elektrische Kurzschlußbremse wirkt in der Weise, daß an dem Fahrschalter gewisse Stufen, etwa 2—4, angeordnet sind, die dazu dienen, die Elektromotoren des noch laufenden Wagens, bei dem jedoch die Stromzuführung bereits abgeschaltet ist,

als Dynamos arbeiten zu lassen, indem man sie auf die Vorschaltwiderstände des Wagens schaltet, die sonst für das Anfahren und für die Regulierung der Fahrgeschwindigkeit dienen.

Naturgemäß müssen einige Abstufungen in den Widerständen vorhanden sein, damit das Bremsen nicht ruckweise und plötzlich erfolgt und auch die Elektromotoren, wenn sie als Stromerzeuger laufen, nicht zu stark beansprucht werden.

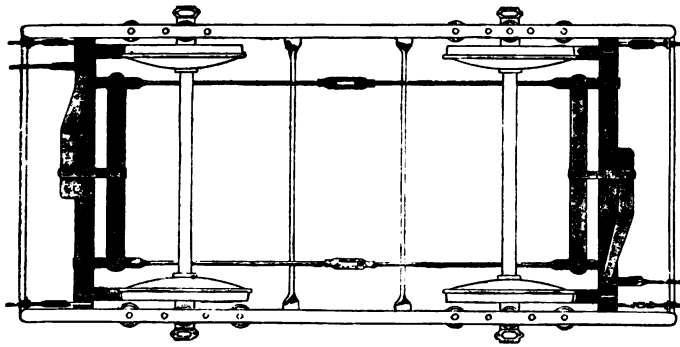


Fig. 93. Handbremse.

Die Art dieser Bremsung ist jedoch nur für leichtere Wagen und für schwächeren Verkehr geeignet. Bei dem fortwährenden Anhalten und Anfahren in verkehrsreichen Straßen der großen Städte ist diese Art der Bremsung den Elektromotoren nicht zuträglich, weil sie durch das fortwährende Einschalten auf kurzen Schluß sehr bald warm werden und hierdurch schließlich Schaden leiden können, es wird außerdem die ganze Konstruktion des Motors ziemlich stark beansprucht.

Man hat infolgedessen nach der Erfindung von Sperry die elektromagnetische Bremse Fig. 94 a

bis 94 c eingeführt, bei welcher die Elektromotoren zwar gleichfalls als Stromerzeuger laufen, jedoch nicht allein auf Widerstände in kurzem Schluß arbeiten, sondern gleichzeitig den erzeugten Strom nach eigenartig gestalteten Elektromagneten senden, welche eine Bremsscheibe, die fest auf der Wagenachse aufgekeilt ist und als eiserner Anker der Elektro-

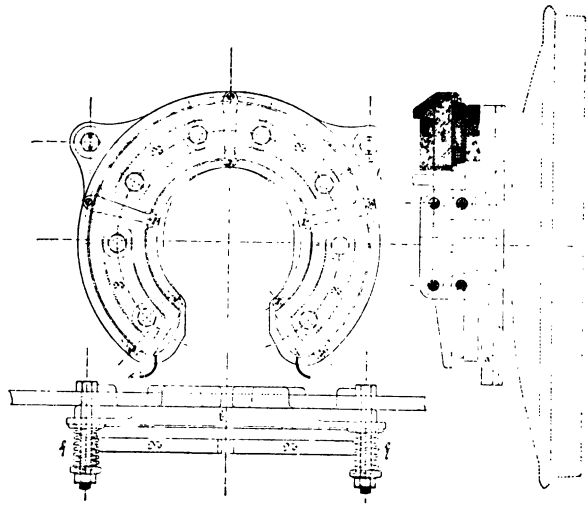


Fig. 94 a. Magnetbremse.

magnete dient, durch magnetische Reibung an ihrer Drehung behindern.

Die Ausführung dieser elektromagnetischen Bremsen wird im allgemeinen in der Weise angewendet, daß man entweder zwei halbkreisförmige Pole bildet, die symmetrisch zur Wagenachse angeordnet sind, oder indem man vier Pole mit wechselnder Polarität in Hufeisenform (Fig. 94 a) herstellt.

Die Elektromagnete sind gewöhnlich an den Achsbuchsen derartig befestigt, daß sie sich nicht

drehen, wohl aber in Richtung der Wagenachsen um einige Zentimeter verschieben können. Sobald durch den elektrischen Strom die Pole magnetisch werden, nähern sie sich der Bremsscheibe allmählich und wirken bereits hemmend auf die Drehung der Wagenachse, bis sie schließlich die Bremsscheibe mit ihren eisernen Polflächen berühren und hierdurch gleichzeitig mechanische und magnetische Reibung veranlassen und so äußerst kräftig bremsend auf die Bewegung des Wagens wirken.

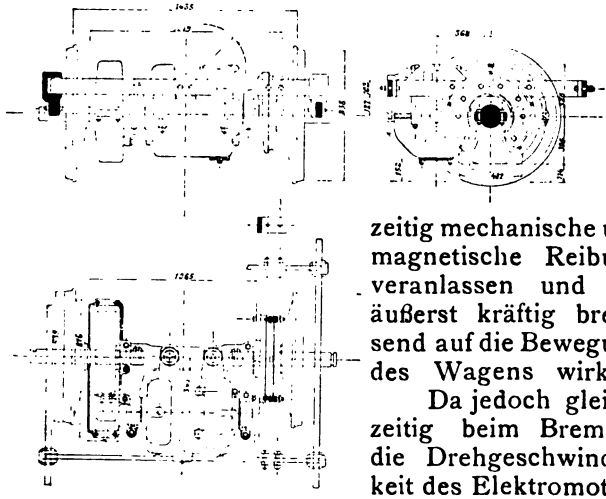


Fig. 94 b c. Magnetbremse (Befestigung).

Da jedoch gleichzeitig beim Bremsen die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors sich vermindert, so arbeitet eine derartige Bremse absatz- und stoßweise, und ihre Wirkung hört in dem Augenblick auf oder läßt bedeutend nach, sobald der Wagen fast zum Stehen gekommen ist. Es sind infolgedessen zum völligen Anhalten die bisherigen Handbremsen nicht zu entbehren.*)

Anderseits bietet eine derartige Bremse insofern einen großen Vorzug, als man einfach durch biegsame

*) S. E. T. Z. Heft 14, 1898 vom 7. April: Die elektromagnetische Bremse der Union Elektr.-Gesellschaft von Kubierschky.

Leitungen die sämtlichen Wagen eines Zuges verbinden und auf sämtlichen Achsen aller Wagen oder mindestens auf einer Achse eines jeden Wagens zwei derartige elektromagnetische Bremsen zu beiden Seiten der Achse anbringen kann. Es wird hierdurch beim Betriebe mit einem Motorwagen und einem oder mehreren Anhängewagen eine sehr wirksame Bremsung erzielt, die lediglich von einem Mann, der als Wagenführer vorn steht, bewirkt wird, während man früher

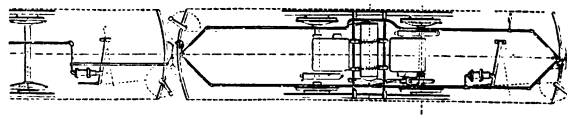


Fig. 95a. Luftbremse (Grundriß).

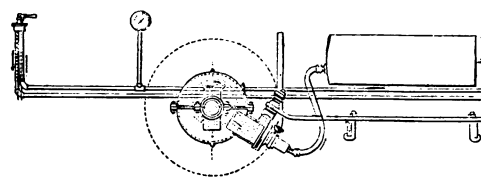


Fig. 95b. Luftbremse (Ansicht).

für jeden Wagen einen Bremser brauchte. Nachdem man jetzt in großen Städten, insbesondere für Untergrund- oder Hochbahnen, 3—4 oder mehr Wagen zu einem Zuge vereinigt hat, und infolgedessen bei größerem Betriebe jeder Wagen mit zwei Motoren ausgerüstet ist, hat man noch ein besonderes durchgehendes Regulier- und Bremssystem konstruiert, bei dem es, wie bereits bei den Fahrschaltern des näheren berichtet wurde, möglich ist, vom Führerstande aus, also am Ende des vordersten Wagens, sämtliche Elektromotoren und auch sämtliche Brem-

sen in Tätigkeit zu setzen. Der Erste, welcher ein derartiges System erfunden hat, war der bekannte Ingenieur Franc J. Sprague in Nordamerika, welcher sein durchgehendes Reguliersystem mit dem Namen »Multiple Unit System« bezeichnet hat, wie dasselbe auch versuchsweise bei der Siemensschen Hoch- und Untergrundbahn zu Berlin in Anwendung gekommen ist.*)

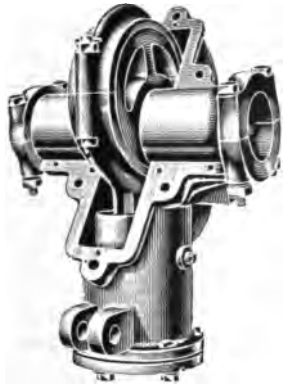


Fig. 95c. Luftpumpe.

Fig. 95d. Luftpumpe mit Regulator.

Die Luftdruckbremsen, insbesondere nach dem System Westinghouse, wie sie auf den Vollbahnen seit Jahren in Gebrauch sind, werden vielfach auch bei Straßenbahnen, insbesondere bei großen schweren Wagen oder bei ganzen Zügen angewendet (Fig. 95 a bis 95 d.) Die Erzeugung des hierbei erforderlichen Luftdruckes geschieht entweder durch besondere kleine Elektromotoren, welche die Luft in einem be-

*) S. Elektrot. Mitteilungen 1901, S. 174—177, sowie Street Railway Journal Nr. 5, vom Mai 1901.

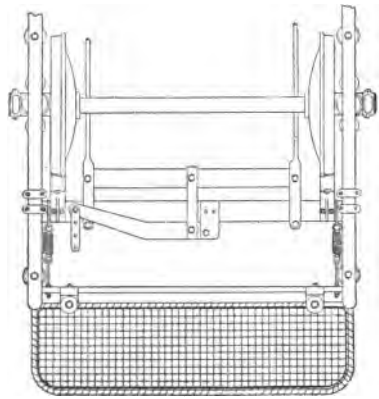


Fig. 96a. Schutzvorrichtung (Draufsicht).

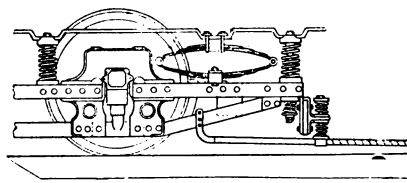


Fig. 96b. Schutzvorrichtung (Seitenansicht).

sonderen Gefäß komprimieren, oder auch durch eine Luftpumpe (Fig. 95 c—d), welche von einer Wagenachse während der Fahrt angetrieben wird, so daß immer der nötige Luftdruck für das jedesmalige Anhalten auf der inzwischen erfolgenden Fahrt erzeugt wird.*)

Die Anwendung der Preßluft für die Betätigung der Bremsen gewährt folgende wichtige Vorzüge:

1. Sie läßt sich außerordentlich leicht erzeugen, da die nötige Luftmenge aus der den Wagen umgebenden Luft entnommen werden kann und geeignete Verdichtungseinrichtungen leicht im Wagen unterzubringen sind. Dabei ist es durch verhältnismäßig einfache Vorrichtungen möglich, die lebendige Kraft des Wagens während der Bremszeit für die Zusammenpressung der Luft nutzbar zu machen.

2. Sie ermöglicht die Aufspeicherung eines sehr großen und lange vorhaltenden Arbeitsvermögens auf verhältnismäßig kleinem Raume.

*) Eingehende Beschreibung und Würdigung von Straßenbahnbremsen bringt die »Zeitschrift für Kleinbahnen« (Julius Springer, Berlin) in Heft 4, 1902, S. 273 - 278 und im August 1902, S. 489 – 502, woraus wir obige Beschreibungen und Abbildungen entnommen haben.

3. Die so aufgespeicherte Kraft kann leicht überallhin geleitet und für die verschiedenen Zwecke gebraucht werden.

4. Die Preßluft ist ein sehr elastisches Übertragungsmittel, übt daher alle Bewegungen zwar rasch, aber durchaus stoßfrei aus.

Wie angestellte Versuche ergeben haben, wirkt die Luftdruckbremse selbst bei stärkster Wirkung völlig stoßlos und auch geräuschlos, wenn sie richtig aufgebaut ist, und infolgedessen ist sie weder für die Fahrgäste noch für den Straßenverkehr störend und weder dem Fahrzeuge noch dessen einzelnen Teilen nachteilig.*)

Derartige Bremsen bringen einen Zug auf sehr kurze Entfernungen zum Halten und man erzielt die größte Bremswirkung hierbei, welche bei gegebener Geschwindigkeit und dem vorhandenen Wagengewicht überhaupt möglich ist.

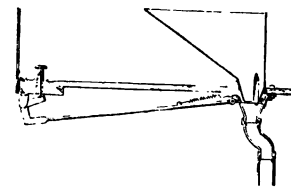


Fig. 97. Sandstreuer.

Ist die Bremse richtig eingestellt, so können die Räder nicht zum Schleifen gebracht werden, weil der höchste Bremsdruck allein von dem durch den Regler eingestellten Luftdruck abhängt, und von der Tätigkeit des Führers in keiner Weise beeinflußt werden kann.

Mit einem Blick kann der Wagenführer an dem vor seinem Stande angebrachten Manometer sich von der Wirksamkeit der Preßluft überzeugen. Die Bremswirkung hängt auch nicht von der augenblicklichen Fahrgeschwindigkeit ab, sondern sie ist bei jeder Geschwindigkeit des Wagens gleich wirksam.

*) Die Firma H. H. Böker & Co. zu Lichterfelde-Ost bei Berlin liefert verschiedene Ausführungen von Luftdruckbremsen.

Außerdem kann die Luftdruckbremse auch für die Anhängewagen gebraucht werden, indem man dieselben durch eine entsprechende Schlauchleitung mit dem Motorwagen verbindet.

Um die Wirksamkeit der Luftdruckbremse auch noch in anderer Weise zu erhöhen, hat man mit derselben nach dem System Reitz einen Luftsandstreuer und eine Schutzvorrichtung (Fig. 96 a b) verbunden. Einen Handsandstreuer einfacher Art zeigt Fig. 97.

4. Das Kraftwerk.

Die Stromerzeugungsanlage, welche zur Lieferung der elektrischen Triebkraft dient, besteht aus irgendwelchen geeigneten Triebmaschinen, als Dampfmaschinen, Gasmaschinen oder Wasserräder, welche so hergerichtet sind, daß sie die stromerzeugende Dynamomaschine in der gehörigen Weise umdrehen. In den allermeisten Fällen benützt man für diese Zwecke Dampfmaschinen, für welche der erforderliche Dampf in besonderer Kesselanlage erzeugt wird. Mit wenigen Ausnahmen sind Gasmaschinen bis jetzt noch kaum für diese Zwecke gebraucht worden und Wasserräder, wie insbesondere vertikale Turbinen oder Pelltonräder als horizontale Turbinen können nur da zur Anwendung kommen, wo reichliche Wasserkraft und genügendes Gefälle vorhanden ist. Derartige Anlagen findet man in der Schweiz, Schweden-Norwegen, Italien und einem Teil von Nordamerika; in Österreich und in Deutschland sind Wasserkräfte für diese Zwecke bisher nur in geringem Umfange nutzbar gemacht worden.

Als Betriebsstrom für die Motorwagen dient hauptsächlich Gleichstrom von 500 Volt, in Ausnahmefällen wohl auch von 6—700 Volt Spannung. Drehstrom ist zum direkten Antrieb der Motorwagen bisher nur in wenigen Fällen zur Anwendung gekommen. Sowohl die Dampfmaschinen, als auch die Stromerzeuger müssen nach etwas abweichenderen Prinzipien

hergerichtet werden, als man sie für Lichtbetrieb benötigt; und wo es angängig ist, pflegt man auch nicht, wie bei Beleuchtungsanlagen, Wasserröhrenkessel, sondern große Wasserraumkessel zu verwenden.

Diese Abweichungen liegen lediglich in den ganz anderen Betriebsverhältnissen, als wie sie bei Beleuchtungsanlagen obwalten. Ein größerer Straßenbahn-

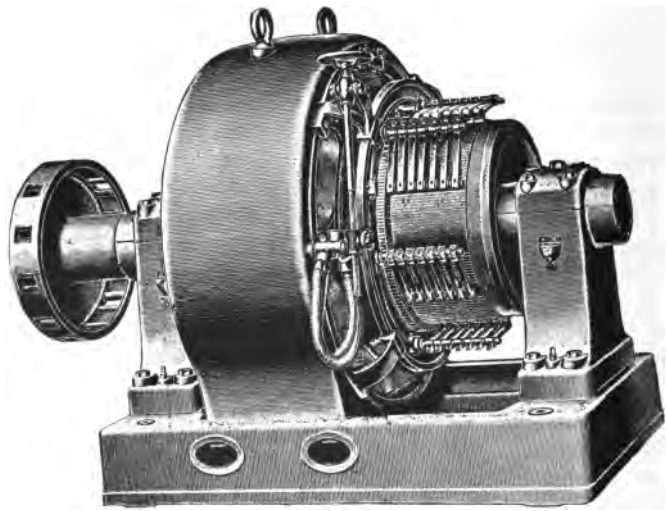


Fig. 98. Dynamo für Kuppelung.

betrieb muß während der ganzen Betriebszeit von 16 bis 20 Stunden täglich eine große Anzahl Motorwagen in Betrieb halten und hat also in dieser Beziehung eine gewisse konstante Belastung, die nur zu gewissen Tagesstunden bei regerem Verkehr anwächst und abschwillt.

Bei Beleuchtungsanlagen dagegen drängen sich die Betriebsstunden mit bedeutenderer Belastung nur

auf die Abendzeit und wenige Stunden zusammen, während am Tage regelmäßig wenig Licht gebraucht wird und nur stationäre Motoren Kraftlieferung verlangen. Außerdem treten bei Störungen oder Stockungen im Betriebe auf der Straße auch plötzliche Schwankungen ein, die außerdem auch stets bei jedem Wagen beim Anfahren und Anhalten vorhanden sind. Die Maschinen müssen also geeignet sein, diese Stöße mit Leichtigkeit zu überwinden, wie man sie bei Beleuchtungsanlagen überhaupt nicht kennt. Infolgedessen pflegt man die Dynamos al Compounddynamos mit Übercompoundierung herzurichten, bei der die Wickelung der Feldmagnete so eingerichtet ist, daß sie bei der höchsten Belastung die Spannung etwas erhöhen, so daß, wenn die Umdrehungszahl infolge der höheren Belastung etwas geringer wird, die Spannung immerhin nicht sinkt.

Fig. 99. Kuppelung für Dynamos.

Während man für kleinere und mittlere Betriebe vielfach besondere Maschinen in kleineren Sätzen von 150 bis etwa 500 P. S. gebraucht, pflegt man bei großen Anlagen von einigen 1000 P. S. und höher die Einrichtung so zu treffen, daß dieselben Maschinen abwechselnd je nach Bedarf für Licht oder Kraft arbeiten können (s. a. Abschnitt über Kraftbedarf). Dies wird dadurch erreicht, daß man zwei Maschinen von je

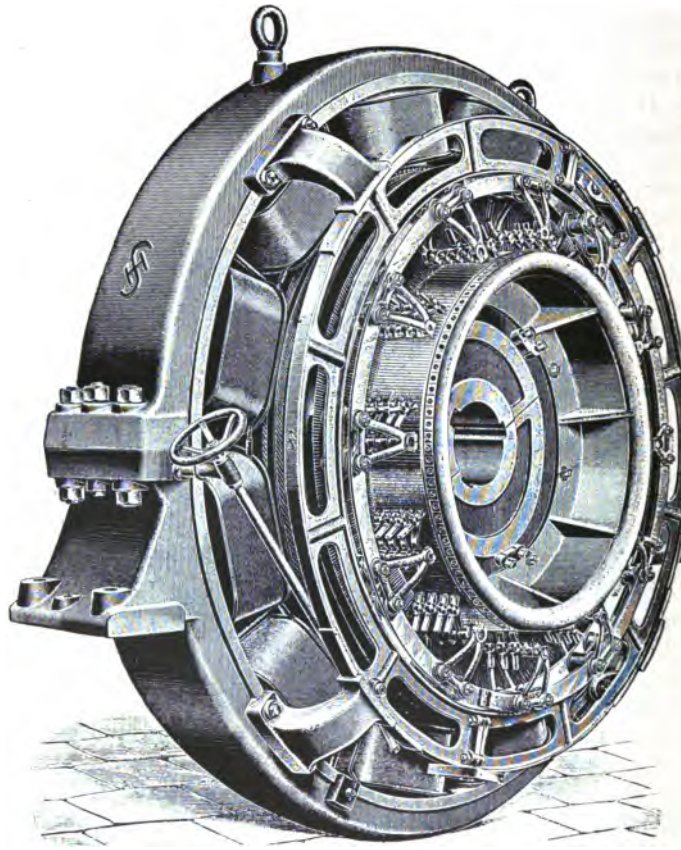


Fig. 100. Dynamo für Zusammenbau.

220 Volt mit einer Dampfmaschine antreibt und die etwa fehlenden 60 — 120 Volt durch eine Zusatzmaschine von großer Stromstärke ergänzt.

Eine Dynamomaschine zum Bahnbetrieb für direkte Kuppelung für 75—250 Kilowatt Leistung nach der Konstruktion von Siemens & Halske ist in der Fig. 98 abgebildet. Man verwendet vielfach statt der früher gebrauchten starren Kuppelung die biegsame Kuppelung nach der Konstruktion von Zodel-Voith (Fig. 99). Eine größere Maschine für 350—1630 Kilowatt derselben Fabrik, jedoch zum Zusammenbauen mit der Dampfmaschine, zeigt Fig. 100.

Die Anforderungen, welche man an die Dampfmaschinen gestellt hat, und insbesondere heute bei Drehstrom- und Wechselstrommaschine in noch höherem Maße stellen muß, haben dazu geführt, schließlich sogenannte Schwungraddynamos zu bauen, bei welchen die induzierenden Feldmagnete mit ihren Spulen als einzelne Polhörner mitten auf einem großen und starken Schwungrad montiert sind. Besonders auch für Drehstrom ist diese Bauart in Gebrauch. Die Anforderungen, welche man an die Gleichförmigkeit der Umdrehungen von Dampfmaschinen im allgemeinen zu stellen hat, und die Mittel, welche man zur Erreichung dieses Zweckes anwendet, hat A. Marshall-Downie eingehend behandelt, worüber später ausführliche Angaben gemacht sind.

Welch ungeheure Abmessungen man heutzutage den Bahngeneratoren gibt, zeigt die Abbildung eines Magnetkranzes (Fig. 101) für die Feldmagnete einer 2700 Kilowatt Dynamo von Westinghouse.

Bei der Vielseitigkeit der Anforderungen und den mannigfachen Mitteln, welche man zur Erreichung des Zweckes anwendet, ist es nicht möglich, in einem Werke geringerer Ausdehnung all diese Einrichtungen zu besprechen. Wir wollen jedoch, um ein Bild der größten Elektrizitätswerke, welche bisher in Europa gebaut wurden, zu geben, die elektrische Zentralanlage zu Berlin am Schiffbauerdamm, beziehungsweise

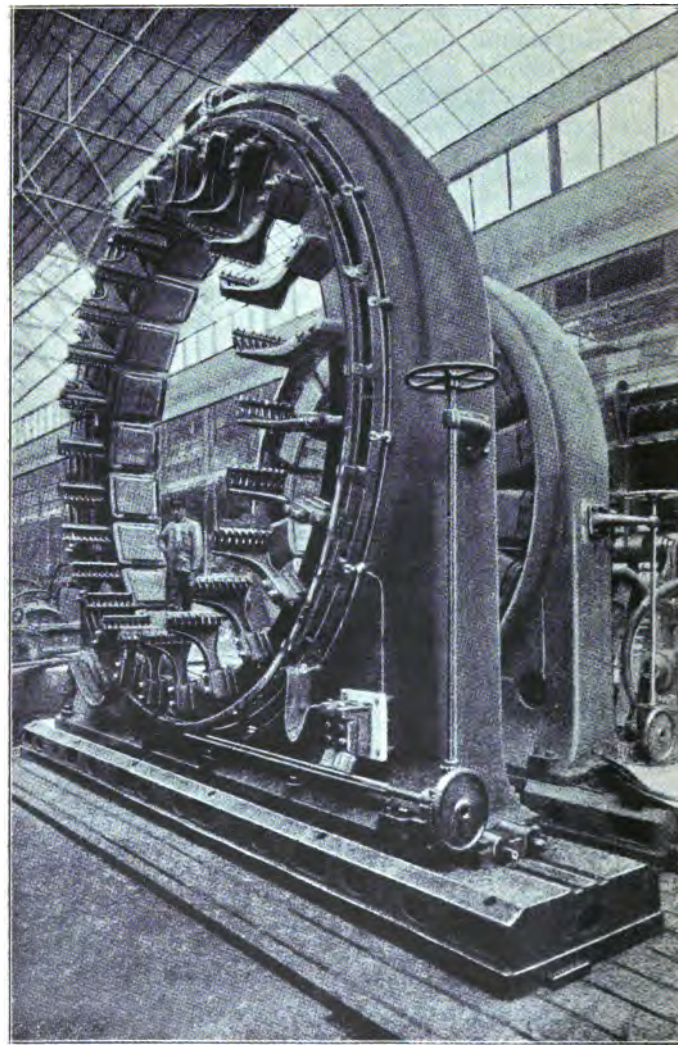
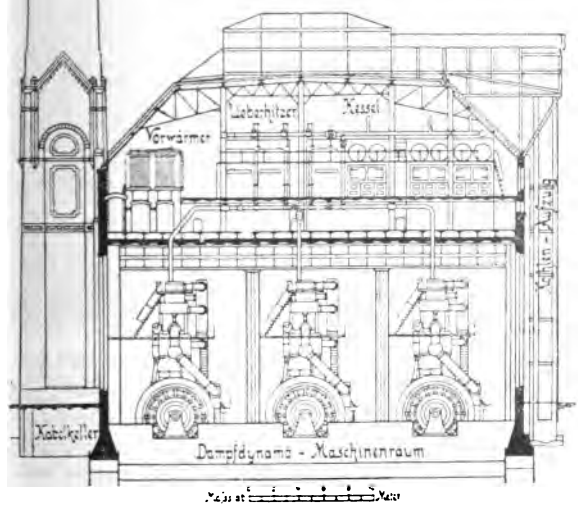


Fig. 101. Feld einer großen Dynamo.

der Luisenstraße nachstehend beschreiben und abbilden.

Die beiden Anlagen, welche zwar in zwei verschiedenen Straßen gelegen sind, stehen durch einen Hof in Verbindung und arbeiten auf ein gemeinsames Leitungsnetz. Es sind große vertikale Dampfmaschinen aufgestellt, von denen jede bis zu 3000 P. S. leisten kann. Die Anordnung des Gebäudes mit dem 76 *m* hohen Schornstein, die Kessel und Dampfmaschinen ersieht man aus dem Schnitt der Zentrale Luisenstraße, Fig. 102. Die Dynamomaschinen, welche sowohl für Licht

Fig. 102. Schnitt durch großes Kraftwerk.



als für Bahn arbeiten, zeigt Fig. 103, während der Aufbau der Dampfmaschinen in Verbindung mit den Dynamos noch besonders in Fig. 104 dargestellt ist. Die Dampfdynamos etwas abweichender Konstruktion der älteren Anlage am Schiffbauerdamm zeigt Fig. 105. Das Schaltungsschema der Zentrale Luisenstraße so-

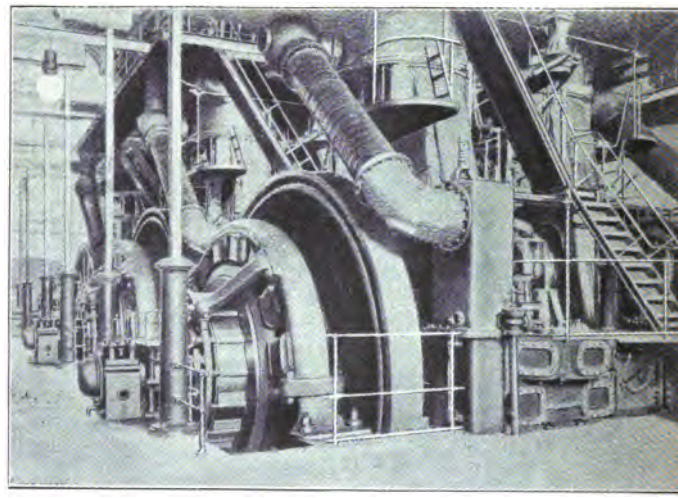


Fig. 103. Dynamo. Luisenstraße, Berlin.

wohl für den Bahn- als auch für den Lichtbetrieb gibt Fig. 106. Nach demselben ist die Hauptschalttafel Fig. 107 eingerichtet worden.

Das Kesselhaus enthält in der Luisenstraße acht Kessel in zwei Reihen, Fig. 108, jeder für 303 m^2 Heizfläche. Es sind Wasserrohrenkessel nach dem System Heine mit 14 *kg* Dampfspannung auf den cm^2. Außerdem ist auch eine Überhitzereinrichtung angebracht, welche die Temperatur des Dampfes auf 300° C. steigert,

so daß Verluste an Kondenswasser an den Rohrleitungen und den Zylindern fast vollkommen vermieden

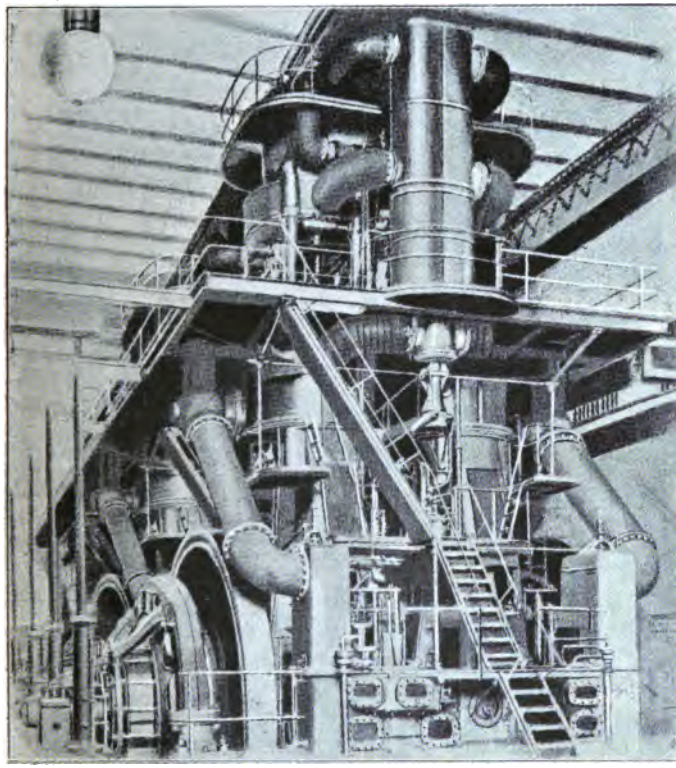


Fig. 104. Dampfdynamo, Luisenstraße, Berlin.

sind und die denkbar günstigste Ausnutzung des Heizwertes der verfeuerten Kohle erzielt wird. Man erreicht für eine indizierte P. S.-Stunde während des Normalbetriebes nur 4·3 *kg* Dampf bei 0·6 *kg* Kohle,

so daß auf eine Kilowatt-Stunde nur 5·7 *kg* Dampf entsprechend 0·72 *kg* Kohle verbraucht werden. Es sind

Fig. 105. Dampfdynamo, Schiffbauerdamm.

das Ergebnisse, die zu den besten bisher überhaupt erzielten Resultaten zu rechnen sind. Um den Kohlenverbrauch möglichst gering zu machen, arbeiten alle Maschinen mit Kondensation, und werden für diese

in einer Stunde etwa 1000 m^3 Wasser der Spree entnommen, und nach Gebrauch in einem Klärbrunnen gereinigt und dem Fluß wieder zugeführt. Die große Rohrleitung für diese Zwecke zeigt Fig. 109. Einen Begriff von den zahlreichen Kabeln, welche dieser kolossalen Anlage dienen, gibt der Kabelkeller Fig. 110 mit der Kabelschalttafel Fig. 111. Die Zusatzmaschinen für den Bahnbetrieb sind in Fig. 112 dargestellt.

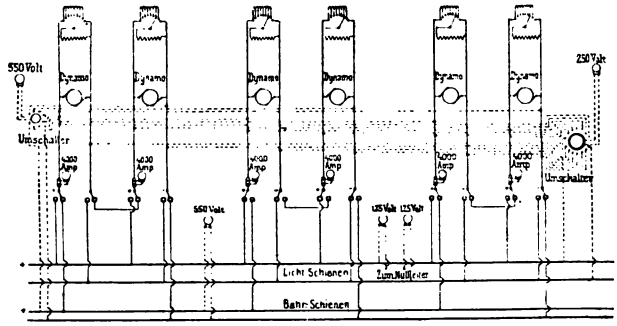


Fig. 106. Schaltungsschema.

Man hat neuerdings bei andern größeren Elektrizitätswerken noch verschiedene Vorkehrungen getroffen, welche dahin zielen, entweder das Wasser zu reinigen oder zu kühlen, oder anderseits gleichmäßige Feuerung und beste Ausnutzung der Kohle zu erreichen. So zeigt Fig. 113 z. B. eine selbsttätige Feuerung englischer Konstruktion, bei welcher die Kohle durch ein selbsttätiges Schaufelwerk, das regulierbar ist, aus Trichtern auf den Rost befördert wird, während gleichzeitig nach Bedarf vorgewärmte Luft in das Feuer geblasen werden kann. Man erzielt auf diese Weise eine denkbar beste Ausnützung der Kohle sowohl als auch ein gleichmäßiges Dampf-

halten, wie es von Hand kaum erreicht werden kann. Die Einrichtung ist in weitestgehendem Maße regulierbar. und man kann die Aufmerksamkeit des Heizers bezüglich dieser Regulierung durch einen Registrierapparat kontrollieren, welcher den Zustand der Heizgase, den Gehalt an Kohlensäure, Kohlenoxyd, beziehungsweise atmosphärischer Luft fortlaufend graphisch registriert.

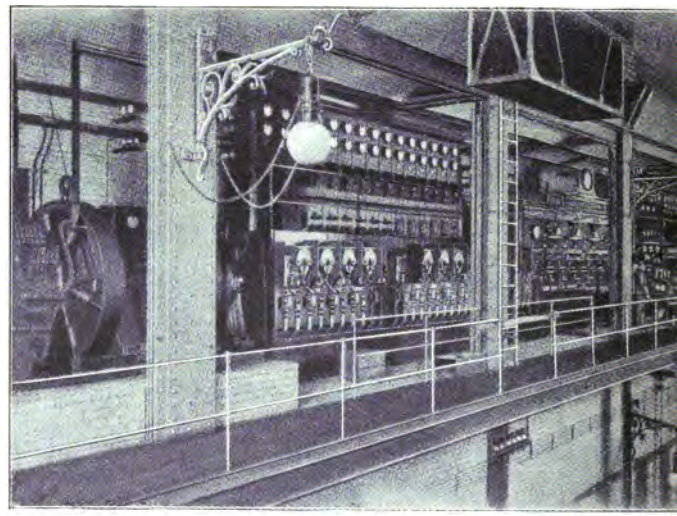


Fig. 107. Hauptschalttafel.

An Plätzen, wo man mit dem Wasser sparsam umgehen muß, hat man vielfach Kühlvorrichtungen angebracht, wie z. B. nach der Konstruktion von Balcke, Fig. 114, oder nach den Einrichtungen von Worthington, Fig. 115. Die dargestellte Anlage befindet sich auf dem Dach des Maschinenhauses und wird durch Ventilatoren noch besonders kühlende Luft eingeblasen, während das heiße Wasser von

oben in einem Gradierwerk herabrieselt, und so in doppelter Weise gekühlt wird.

In Anlagen, wo keine selbsttätige Feuerung vorhanden ist, und es auch an Platz mangelt, einen größeren Kohlenvorrat vor den Kesseln zu lagern, braucht man vielfach die in Fig. 116 dargestellte

Fig. 108. Kesselhaus.

Kohlenkarre, die nach Bedarf auch über eine Kontrollwage (Fig. 117) fährt, so daß die verbrauchte Kohlenmenge genau festgestellt werden kann.

In großen Anlagen pflegt man neuerdings vollständig mechanische Zuführung der Kohle von dem Lagerplatz, oder aus dem Schiff oder Waggon bis unter die Feuerung anzuwenden und ebenso auch durch maschinelle Einrichtung die Asche unter den

Rosten zu entfernen und wenn möglich, auf Kähnen fortzuschaffen.

Anforderungen des elektrischen Betriebes an die Dampfmaschinen.*)

Zufolge der hin- und hergehenden Bewegung der Dampfkolben, welche in rotierende Bewegung umgesetzt wird, findet gleichzeitig mit dem Wechsel der Wirkung entsprechende Beschleunigung in positivem oder negativem Sinne statt, und zwar unabhängig von der Gleichförmigkeit der hin- und hergehenden Bewegung. Des weiteren wechselt überall da wo Kraft gebraucht wird, auch die Höhe ihres Bedarfes, es treten also Schwankungen dabei auf. Um eine solche Anlage so wirksam als möglich zu gestalten, muß man die Krafterzeugung dem Bedarfe möglichst anpassen.

Beim Entwurf von Einrichtungen, welche zur Umwandlung der mechanischen in elektrische Arbeit dienen, ist die Gleichförmigkeit der Umdrehungsgeschwindigkeit eine Lebensfrage und Erfüllung der oben erwähnten Bedingungen dahin zusammenzufassen, daß das Geschwindigkeitsverhältnis so gleichbleibend als nur möglich erhalten werden muß. Nachstehende Ausführungen sind daher für Entwurf und Anwendung der Schwungräder für langsam laufende Maschinen zum Betriebe von Beleuchtungsanlagen und Fahrbetrieb von Wichtigkeit.

Bei Maschinen für Licht- oder Krafterzeugung durch Elektrizität (Stromerzeugungsanlagen) ist die Regulierung der Geschwindigkeit gewöhnlich größer und wichtiger als für irgend einen anderen Zweck, auch sind die Schwankungen der Belastung größer

*) Nach einem Vortrage von A. Marshall Downie im Institute of Engineers and Shippbuilders in Scotland 29. Oktober 1901. — Street Railway Journal Bd. XIX, vom Jänner 1902, S. 72—75.

und plötzlicher als für die meisten anderen Betriebe.

Das Schwungrad dient dazu, die Ungleichförmigkeit, die aus der innerhalb der Maschine erzeugten

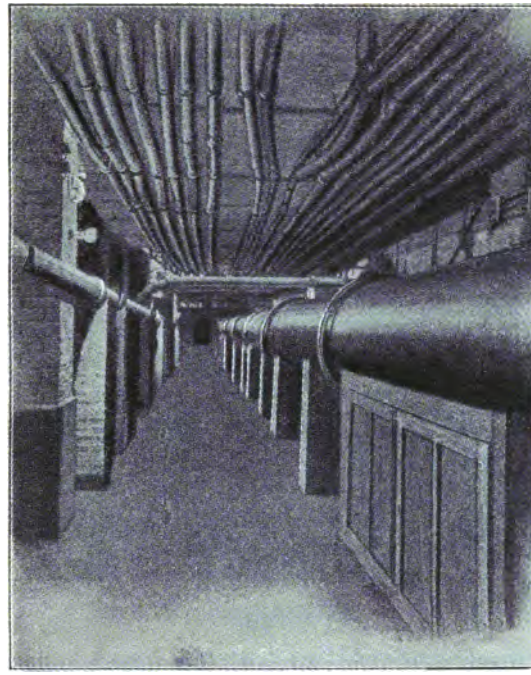


Fig. 109. Kondensrohrleitung.

Kraft hervorgeht, auszugleichen, zu regulieren, während der Regulator bestimmt ist, die in der äußeren Belastung auftretenden Schwankungen zu begrenzen. — Die Empfindlichkeit des Regulators und die Ansprüche an den Ungleichförmigkeitsgrad kann man jedoch

nicht zu weit treiben, weil sonst Pendeln der Maschine eintritt, das bei Nebeneinanderschaltung der Dynamos gefährlich werden kann. Es sollen hier jedoch nur die Verhältnisse bezüglich des Schwungrades betrachtet werden.

Bei hin- und hergehenden Dampfmaschinen vollzieht sich eine Umdrehung (hier bei unserer Erör-

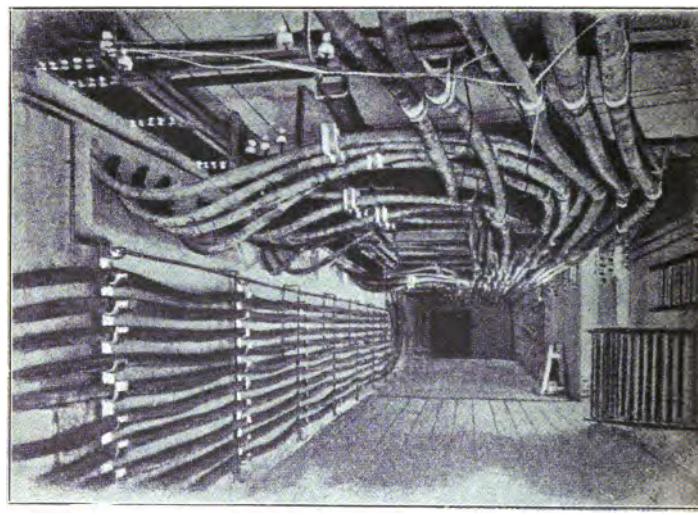


Fig. 110. Kabelkeller.

terung wenigstens) in zwei Kolbenhüben oder einer Umdrehung der Kurbel. Der Druck auf den Kolben wechselt in dieser Zeit von einem Höchstbetrage bei der Dampfeinströmung bis zu einem Mindestbetrage bei der Dampfausströmung und beim Rückgang des Kolbens auf der entgegengesetzten Seite von einem Höchst- zu einem Mindestbetrage. Zur selben Zeit wirkt entsprechend in tangentialer Richtung zum

Kurbelkreise eine entsprechende Kraft. Die Wirkung auf die Kurbel (Kurbeleffekt) ist jedoch begrenzt durch die Länge der Schubstange und die Trägheit der entsprechenden umlaufenden Teile der Maschine. Die Wirkung der begrenzten Schubstange besteht darin, den Höchstbetrag an Kraft auf die Kurbel zu über-

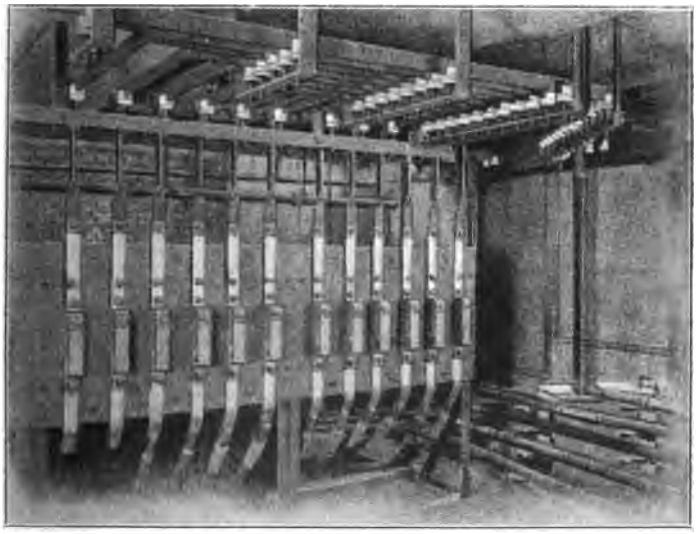


Fig. 111. Kabelschalttafel.

tragen und zwar an einem Punkte ihres Umdrehungskreises der näher dem inneren toten Punkt gelegen ist als bei einer unbegrenzt langen Schubstange. Der Wechsel der Wirkung ist infolgedessen schneller und ungleichförmiger während eines Umlaufes. Wenn auch bei großen Maschinen die Umdrehungen in gewisser Zeit gering sind, so ist doch das Beharrungsvermögen der bewegten Teile bei deren großem

Gewichte bedeutend. Dasselbe beträgt z. B. bei großen Maschinen für Bahnbetrieb 250.000 $kg\,m^2$ (das $G\,D^2$, worüber später gesprochen ist). Dieses Beharrungsvermögen kann man als eine Kraft auffassen, die dem Dampfdruck im inneren toten Punkte ent-

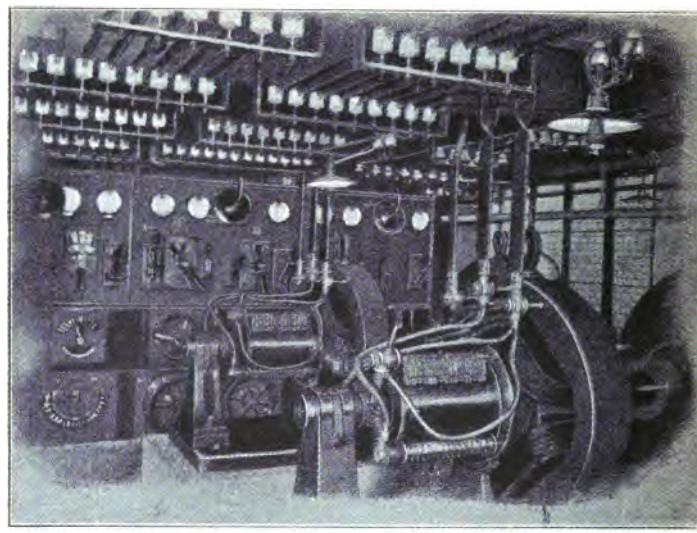


Fig. 112. Zusatzdynamos.

gegen und im äußeren toten Punkt mit ihm gleichgerichtet wirkt.

Schwungräder.

Die Frage des Gewichtes der Schwungräder, um gewisse Bedingungen zu erfüllen, kann in einfacher mathematischer Formel ausgedrückt werden, die gewisse Konstanten enthält, deren Zahlenwerte später gegeben sind.

Ist E die gesamte in einem Schwungrad vom Gewicht W aufgespeicherte Energie (die man als am Ende des Radius der Kreisbewegung befindlich annimmt), welche sich mit einer mittleren Umfangsgeschwindigkeit V_0 Meter in der Sekunde bewegt; $\triangle E$ die Schwankung der Schwungradenergie oder

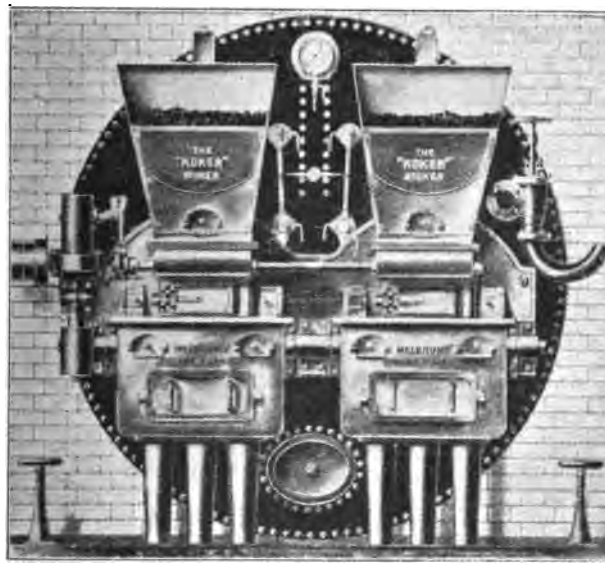


Fig. 113. Selbsttätige Feuerung.

im Schwungrad aufgespeicherten Energie beim Wechsel von der geringsten Geschwindigkeit V_1 durch V_0 zur Höchstgeschwindigkeit V_2; w die in einer Umdrehung der Maschine geleistete Arbeit und q der Wert der zulässigen Geschwindigkeitsschwankung zwischen der höchsten und kleinsten Geschwindigkeit, k der Koeffizient der Energieschwankungen, so ist

$$q = \frac{V_2 - V_1}{V_0},$$

$$E = \frac{W\ V_0^2}{2\,g},$$

$$\triangle E = \frac{W}{2\,g}\,(V_2^2 - V_1^2) = \frac{W}{2\,g}\,(V_2 + V_1)\,(V_2 - V_1)$$

$$\text{oder} = \frac{W}{g}\,V_0\,(V_2 - V_1) = 2\,E\,q. \quad \text{Da aber}$$

$$\frac{\triangle E}{w} = k, \text{ so ist } k = \frac{2\,E\,q}{w},$$

$$2\,E = \frac{k\,W}{q}\,\frac{W\,V_0^2}{g} = \frac{k\,w}{q}$$

und $\frac{W}{g} = \frac{kw}{q\,V_0^2}$. Hieraus geht hervor, daß die Maße des Schwungrades im direkten Verhältnis zum Wert der Arbeitsschwankung und den Pferdestärken steht und im umgekehrten Verhältnis zur Änderung der Geschwindigkeit und dem Quadrat der Beschleunigung.

Man würde also an Material sparen, wenn man das Schwungrad mit hoher Umfangsgeschwindigkeit laufen ließe, da jedoch die Größe der Spannung im Material zufolge der Fliehkraft unabhängig vom Querschnitt des Radkranzes ist und sich im Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit ändert, so ist die höchst zulässige Geschwindigkeit des Schwungrades durch die Festigkeit des Materials begrenzt, aus dem es hergestellt ist.

Da das Schwungrad meistens aus Gußeisen besteht, so wird die höchst zulässige Zugbeanspruchung des Materials bei einer Höchstgeschwindigkeit im Umfang von 100 Fuß (30·480 *m*) in der Sekunde erreicht, was

etwa 80—90 Fuß (24·384—27·432 *m*) in der Sekunde für den mittleren Umfang entspricht. Die höchste Zugkraft zufolge der Fliehkraft ist hierbei etwa 1000 Pfund (453·59 *kg*) auf den engl. Quadratzoll (645·15 mm^2 = 6·4515 cm^2).

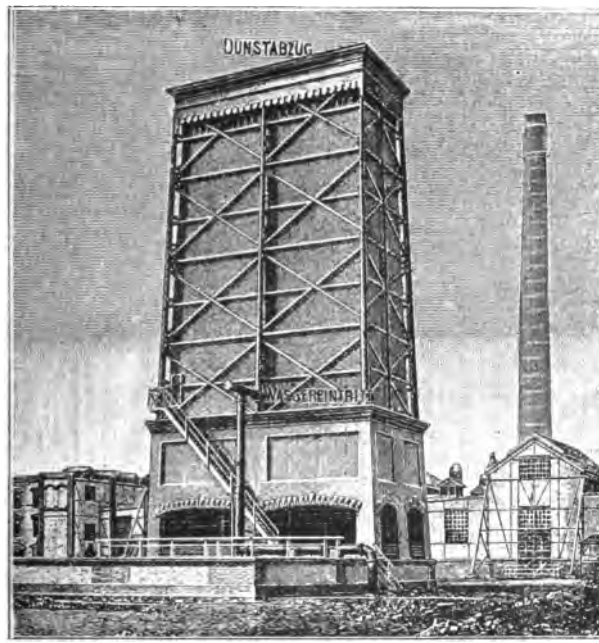


Fig. 114. Kühlturm nach Balike.

Der Ungleichförmigkeitsgrad.

Der Wert des Faktors q hängt von dem Zweck der Dampfmaschine ab, für welchen sie bestimmt ist, und richtet sich wohl auch nach den Erfahrungen der Fabrikanten.

Für gewöhnlichen Betrieb von Beleuchtungsanlagen mit Gleichstrom wählt man $q = \frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$. Für Beleuchtungsanlagen mit Wechselstrombetrieb und Nebeneinanderschaltung der Dyna-

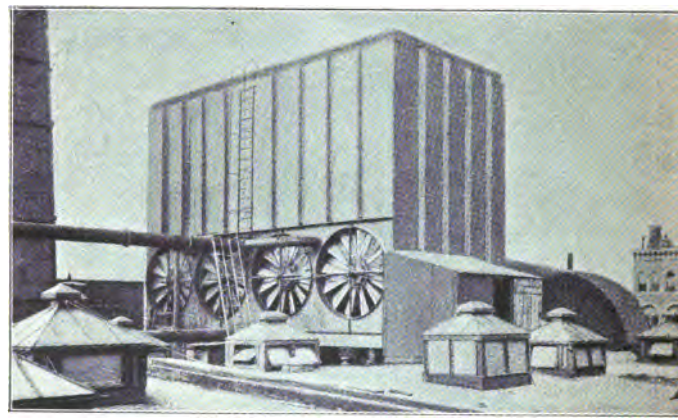


Fig. 115. Kühlturm nach Worthington.

mos nimmt man $q = \frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{300}$ und für Kraftbetrieb von Fahrzeugen schwankt q von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{500}$ und mehr.

So nehmen z. B. Gebr. Sulzer etwa $\frac{1}{200}$ für Beleuchtung und $\frac{1}{250}$ für Fahrbetrieb.

Die Fabrikanten des europäischen Festlandes pflegen keine so große Gleichförmigkeit anzuwenden als diejenigen in England und Amerika. Die amerikanischen Schwungräder für Fahrbetrieb ergeben Werte von q in Höhe von $\frac{1}{450}$ bis $\frac{1}{650}$, und in England verlangte man für eine Wechselstrom-Beleuchtungsanlage einen Gleichförmigkeitsgrad von $\frac{1}{500}$.

Fig. 116. Kohlenkarren.

Der Wert oder das Verhältnis von q wird zuweilen für elektrotechnische Zwecke in »elektrischen Graden« bezüglich der Antriebsschwankungen ausgedrückt, wovon man besonders in Amerika (und zuerst bei der General Electric Company) Gebrauch machte. Beide Ausdrucksweisen sind nur in der Form verschieden, dem Wesen nach jedoch gleichbedeutend, wie wir später sehen werden.

Deutsche Fabrikanten wenden etwa die nachstehenden Verhältnisse an, wie sie in der folgenden Tabelle aufgeführt sind:

Ungleichförmigkeitsgrad.

Für Lichtmaschinen Gleichstrom	$\frac{1}{150}$
Für Licht- und Bahnbetrieb von derselben Maschine	$\frac{1}{200}$

Für Wechselstrom-Dynamos in Nebeneinanderschaltung	$\frac{1}{250}$
Für Wechselstrommaschinen, welche rotierende Umformer und Synchronmotoren speisen	$\frac{1}{300}$

wobei als Ungleichförmigkeitsgrad verstanden ist:

$$\frac{V \text{ max.} - V \text{ min.}}{V \text{ normal.}}$$

Es ist außerdem üblich, bei Bestellung von Dampfmaschinen das GD^2 des Ankers, beziehungsweise des umlaufenden Teiles der elektrischen Maschine anzugeben, wobei G das Gewicht und D der Durchmesser des Ankers ist. Der Fabrikant der Dampfmaschine rechnet sich den Schwungradeffekt, den die Maschine zur Erfüllung der gestellten Bedingung haben muß, aus nach der bekannten Formel der Bewegung $\frac{M\ V^2}{2}$ beziehungsweise $\frac{G\ V^2}{2\,g}$ wobei

$$v = \frac{\text{Umläufe die Minute}}{60} \times D\pi.$$

Anstatt des GD^2 gibt man, wie schon erwähnt, auch die »elektrische Winkelabweichung« an, indem man bei Wechselstrommaschinen den Weg einer Periode, von einem Nordpol zum anderen als $360^0 = 1\ \infty$ bezeichnet.

Wird z. B. diese Winkelabweichung $= 6^0$ angegeben, so versteht man darunter zulässige Schwankungen von 3^0 vor, beziehungsweise 3^0 zurück gegen die normale Geschwindigkeit, welche 30 *m* in der Sekunde nicht übersteigen darf. Bei zweizylinderigen doppelt wirkenden Dampfmaschinen hat man

$$\frac{360}{4} = 90.$$

$S = \frac{6^0}{90 \times p}$ p = Polpaare der Maschinen. Dies erzielt

z. B. $S = \frac{6}{90 \times 30} = \frac{1}{450}$ bei 60 Polen,

$S = \frac{6}{90 \times 15} = \frac{1}{225}$ bei 30 Polen.

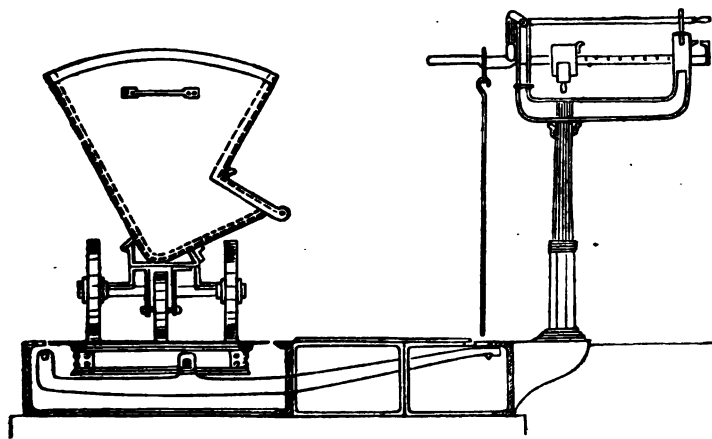


Fig. 117. Kohlenwage.

Diese Rechnungsweise geht aus folgender Überlegung hervor: bezeichnet man $1\infty = 360^0$ und hat die Maschine p Polpaare, so hat sie in einer Umdrehung $p \times 360$ elektrische Grade und bei einer Compoundmaschine, die viermal in einem Umlauf angetrieben wird, ist die Anzahl der Impulse eines Umlaufes $\frac{p \times 360}{4}$ Bezeichnet man die zulässigen Schwankungen mit 4^0, so ist $S = \frac{4}{90 \times p}$, was in der zu-

vor gegebenen Formel dem q entspricht. Dieser Koëffizient der Energieschwankungen ist wohl der wichtigste Faktor bei der Berechnung der Schwungräder und am schwersten zu bestimmen. Es ist daher äußerst wichtig, daß man Kurbeleffektdiagramme für diese Zwecke konstruiert.

Deutsche Fabriken geben aus den zuvor angegebenen Gründen (bezüglich Länge der Schubstange) vielfach den Kurbelwellen von Zweizylinder-Maschinen nicht 90°, sondern 108° Abstand im Kreise, um eben eine gleichförmigere Wirkung zu erzielen.

Es lassen sich aus obigen Erwägungen und praktischen Erfahrungen folgende Hauptpunkte für Schwungräder aufstellen:

1. Die mittlere Energie eines Schwungrades soll sein für eine elektrische Pferdestärke bei
Lichtmaschinen $0{\cdot}88\,m$ ton,
Bahnmaschinen $1{\cdot}22\,m$ ton.

2. Gegossene Schwungräder sollen möglichst massiven Kranz haben; sind sie zusammengesetzt, so ist die Gelenkkettenform die beste, demnächst die Zusammensetzung mit Feder- und Nutplatten mit Schwalbenschwanz. Flanschen- und Bolzenverbindungen sollten vermieden werden; die Verbindungen sollen möglichst nahe einer Speiche sich befinden.

3. Die Umfangsgeschwindigkeit gegossener Schwungräder soll mit 12facher Sicherheit berechnet sein und 30 *m* in einer Sekunde nicht überschreiten, dasselbe gilt für Gelenkkettenräder mit 8facher Sicherheit; darunter sollte man überhaupt nicht gehen; nur bei Stahlrädern kann man 39 *m* per Sekunde zulassen; andere Räder sollen nur 21—24 *m* Umfangsgeschwindigkeit erhalten.

4. Die Speichen sollen mit starken Ansätzen am Ende mit dem Kranz verbunden und in der Nabe gut eingepaßt sein.

5. Bestes, homogenes Material ist allein zu verwenden und sind Probestücke desselben zu prüfen.[1])

Pufferbatterien.

Eine wertvolle Ergänzung der Kraftanlagen für Gleichstrombetrieb bilden die Pufferbatterien. Sie dienen sowohl zur Mithilfe bei zeitweiser starker Belastung, wie auch als Momentreserve bei Unfällen und als Stromerzeuger für schwachen Verkehr in späten Nachtstunden.

Die Größe der Zellen richtet sich nach der für den Betrieb erforderlichen Gesamtstromstärke.[2]) Da die Batterien mit den Dynamos nebeneinander geschaltet sind, so müssen sie bei Schwankungen im Betriebe, bezw. der Stromstärke 10—25% der Kraft abgeben oder aufnehmen können. Sie wirken hierbei so stark und ausgleichend, daß die Spannung im Krafthause kaum um 2% schwankt. Hierdurch werden naturgemäß auch die Triebmaschinen geschont und ein gleichmäßiger ruhiger Betrieb im Werk wie auf der Strecke erzielt.

[1]) S. a. »Zeitschr. d. Ver. d. Ingenieure« 1902, Heft 6 und 9: »Die Berliner Elektrizitätswerke« von L. Datterer.

[2]) S. Joh. Zacharias: »Die Akkumulatoren.« Jena 1901. S. 618 und 684.

5. Entwurf und Ausführung von Straßenbahnen.

Projektieren.

Wenn es sich darum handelt, die Unterlagen für das Projekt einer Straßenbahn zu schaffen, so hat man folgende Gesichtspunkte in Rücksicht zu ziehen,

I. Beschaffenheit der vorhandenen Straßen.
II. Allgemeine Erörterungen.
III. Schienenmaterial und Geleise.
IV. Kraftanlagen.
V. Das Betriebssystem.
VI. Verkehr, rollendes Material, Beförderungspreise.
VII. Preis der Arbeiten, des Baumaterials, der elektrischen Energie.

Im allgemeinen sind die Kosten nach folgenden Punkten übersichtlich zu ordnen:[1])

I. Bauten.
II. Maschinen und Einrichtungen für das Kraftwerk (Zentrale).
III. Streckenausrüstung.
IV. Rollendes Material.

[1]) Nach »Elektr. Verkehrstechnik« von Joh. Zacharias, Costenoble, Jena.

V. Reparaturwerkstatt, Diverses.
VI. Bauleitung, Projektierung, Ingenieurspesen, Reisen, Inbetriebsetzung.
VII. Reserveteile und Unvorhergesehenes.

Die obigen Positionen umfassen etwa die folgenden Gegenstände:

ad 1. Maschinen- und Kesselhaus, Schornstein, Brunnenanlage, Entwässerung, Wagenhalle, Werkstätten mit Revisionshalle, Betriebs- und Verwaltungsgebäude, eventuell auch eine Werkstätte zum Lackieren der Wagen.

ad 2. Krafterzeugungsanlage, gewöhnlich Dampfmaschinen und Dampfkessel, Speisepumpen, Rohrleitungen, Dynamomaschinen, Regulier- und Schaltapparate etc. auf einem Schaltbrett übersichtlich angeordnet. Beleuchtung aller Räume, Diverse elektrische Leitungen.

ad 3. Schienengeleise mit Weichen, elektrische Oberleitung nebst Zubehör für die Stromzuführung.

ad 4. Das rollende Material umfaßt: Motorwagen, Anhängewagen, Ausrüstung der Motorwagen mit Elektromotoren, Fahrschalter etc. und Beleuchtung der Wagen eventuell Zahlkasten.

ad 5. Die Reparaturwerkstätte nebst Revisionsgrube, Elektromotor, Drehbank, Schmiedefeuer nebst Gebläse, sowie verschiedene Werkzeuge.

ad 6. Die für jeden Bau erforderlichen Unkosten beziehen sich hauptsächlich auf die Kosten für die Vorarbeiten, Projektierung nebst Plänen, Zeichnungen und Kostenanschlägen, sowie die Bauleitung durch einen Ingenieur, verschiedene Reisekosten und die Inbetriebsetzung der ganzen Anlagen.

ad 7. Besonders für überseeische Länder ist es notwendig, eine reichliche Anzahl von Reserveteilen

zu veranschlagen, die es ermöglichen, bei eintretenden Schäden den Betrieb durch Auswechseln der defekten Teile sicher aufrecht erhalten zu können. Es sind hierfür etwa 3 Prozent der Anlagekosten einzusetzen.

Da man nicht alle eintretenden Verhältnisse genau berücksichtigen kann, so pflegt man zirka 10 Prozent der Anschlagssumme als Unvorhergesehenes aufzunehmen.

Anforderungen für direkte Stromzuführung.[1])

1. Die Berührung von Teilen, die unter verschiedener Spannung stehen, soll für Menschen und Tiere ausgeschlossen sein.

2. Feuchtigkeit, Wasser oder Schmutz darf nicht zu denjenigen stromführenden Teilen gelangen, welche unter der Fahrbahn für den Motorwagen den Stromschluß bewirken.

3. Stromunterbrechungen während der Fahrt eines Motorwagens dürfen in der Zuführung des elektrischen Stromes nicht eintreten.

4. Irgend welche Funkenbildung an den stromschließenden Teilen soll ausgeschlossen sein.

5. Kurzschluß zwischen Teilen, die unter verschiedener Spannung stehen, soll nicht möglich sein.

6. Verdorbene Teile sollen leicht und schnell ausgewechselt werden können.

7. Die Abnutzung aller Teile, welche der Reibung oder sonstigen veränderlichen Einflüssen ausgesetzt sind, muß möglichst gering sein.

---

[1]) Nach Prof. Woinarowski St. Petersburg dieselben beziehen sich auch auf das Teilleiter- bezw. Knopfsystem, Vortrag von Joh. Zacharias, Glasers Annalen, Bd. 46, Heft 12, 15. Juni 1900., S. 229, woselbst das System Stendsbach beschrieben und abgebildet ist.

8. Bei offenen Schlitzkanälen müssen Schmutz, Schnee und aller Unrat leicht und sicher beseitigt werden können.

9. Hindernisse im Schlitz des Kanals sollen während der Fahrt vom Motorwagen entweder beseitigt, oder vermöge der lebendigen Kraft des Wagens übersprungen werden können.

10. Die richtige Funktion der stromschließenden Teile zwischen Motorwagen und Unterleitung soll unter selbsttätiger Kontrolle stehen.

11. Stromverluste sollen nicht größer sein, als auf Linien mit guter Oberleitung.

12. Die Oberfläche zu Tage liegender, stromführender Teile soll selbsttätig vom fahrenden Wagen gereinigt werden.

13. Abirrende Ströme sollen auf in der Nähe befindliche Metallrohre, Kraft- oder Telephonleitungen keine schädigenden Einflüsse haben.

14. Induktionsstörungen im Fernsprechbetriebe sollen kaum wahrnehmbar sein.

15. Die Anlagekosten der Unterleitung sollen denjenigen für Oberleitung nahe kommen.

Vorschriften für Projektunterlagen für elektrische Straßenbahnen.[1])

1. Übersichtsplan in 1 : 10000.

2. Grundriß in 1 : 1000 mit Angabe der Stationen in 100 *m* Abstand, der Kurvenanfangs- und Endpunkte mit Anschrift der Halbmesser; Bezeichnung der Leitungs- und Spanndrahtlage und ihrer Stützpunkte.

[1]) Gültig im Königreich Sachsen, aus: »Bau und Betrieb elektrischer Bahnen« von Max Schiemann.

3. Längenprofil im Maßstabe des Grundrisses, die Höhen nach Bedarf, um das 10- oder 20fache vergrößert; also 1:1000 für die Längen, und 1:100 oder 1:50 für die Höhen.

4. Querprofile im Maßstabe von 1:100 oder 1:50, für die einfacheren Strecken in 100 oder 200 *m* Abstand, im übrigen nach Bedarf, wie es der Zweck, die verschiedenen Lagen der Linie kenntlich zu machen, erfordert.

5. Genaue Darstellung des Oberbaues (Schienen- und Laschenprofil in 1:1, Oberbauprofil und Weichenkonstruktion in 1:5), sowie der anzuwendenden Gestänge (eventuell Leitungskanäle), Spanndrähte und Leitungen mit Maßangaben.

6. Genaue Darstellung der Betriebsmittel im Maßstabe von mindestens 1:15 mit Angabe der Gewichte, maximalen Belastungen und der Leistungsfähigkeit der Motoren, Sonderzeichnung der Bremsvorrichtungen; Schematische Zeichnung der Schaltungen.

7. Darstellungen der zu errichtenden oder mit zu benutzenden Kunst- und Hochbauten im Maßstabe 1:100 und der Zentralstationseinrichtung.

8. Eingehender Erläuterungsbericht mit Angabe der in den verschiedenen Anlageteilen vorkommenden elektrischen Größen und Festigkeitsverhältnisse.

9. Kostenanschlag der Anlage.

10. Fahrplanentwurf (graphisch).

Anmerkung: Die Pläne und Zeichnungen sind im Formate von 20×30 *cm* zusammengelegt, die Schriftstücke in Aktenformat, und alle Gegenstände in doppelten Exemplaren vorzulegen.

Notwendigste Angaben für vorläufigen Kostenüberschlag.[1])

1. Länge von Strecken in Kilometern.
2. Spurweite in Millimetern (600, 750, 1000 und 1435).
3. Schienensystem, bezw. Profil.
4. Schienengewicht pro Meter.
5 Breite und Stärke der Spurstangen in Millimetern.
6. Abstand der Spurstangen von Mitte zu Mitte.
7. Höchste Neigungen auf 1000 *m* Länge.
8. Kleinster Kurvenradius in Metern, Kurvenlänge.
9. Höchste Steigung in kleinster Kurve, Steigungsverhältnis auf 1000 *m*, Kurvenradius in Metern, Länge der Kurven in Metern.
10. Anzahl der zu betreibenden Wagen, jeder mit Ladung im Gewicht von Kilogramm.
11. Wagengewicht ohne Ladung in Kilogramm, Räder fest oder beweglich auf den Achsen.
12. Schmiervorrichtungen der Wagenachsen.
13. Anzahl der mit einem Zuge zu befördernden Wagen von je Kilogramm Gewicht ohne Last, Gewicht der Last für jeden Wagen, Gesamtgewicht eines Zuges.
14. Art des Betriebes: für Personen, Frachten oder gemischte Züge.
15. Ladeprofil für Wagen und Lokomotiven, äußerst zulässige Breite, Länge, Höhe, Länge zwischen den eventuellen Puffern, Maß von Mitte Puffer bis Schienenoberkante in Millimetern.
16. Art der Kuppelung, Mitte derselben, wie hoch über Schienenoberkante in Millimetern.

---

[1]) N. »Bau und Betrieb elektrischer Straßenbahnen« von Joh. Zacharias. Wilhelm Knapp, Halle/S.

17. Durchmesser der Drehscheiben in Metern.
18. Kraft für Antrieb der Dynamos, Wasser- oder Dampfkraft.
19. Größe der Wasserkraft in trockener Jahreszeit, Lage zur Strecke der Bahn.
20. Kosten des Feuerungsmaterials pro Tonne, frei Kraftwerk.
21. Wasserverhältnisse für das Kraftwerk zur Be- und Entwässerung für die Kondensation und Kesselspeisung.
22. Beschaffenheit der Kohle und des Speisewassers.
23. Höhe der Arbeitslöhne und Frachten.
24. Beschaffenheit der Straßen und des Untergrundes.

Kraftbedarf.

Bevor man die Größe und Anzahl von Maschinen bestimmen kann, sind zunächst eingehende Untersuchungen über den Höchstbedarf an Triebkraft, beziehungsweise elektrischer Energie anzustellen, worüber die nachstehenden Abschnitte Auskunft geben.

Bahnwiderstand und Zugkraft.

Der Widerstand W einer Bahn setzt sich zusammen aus den Widerständen w in der Ebene auf gerader Strecke, in den Kurven, in den Steigungen, aus Luftwiderstand, Unebenheiten des Geleises, rollender Reibung der Räder auf den Schienen und Achslagerreibung.

Wird w in Kilogramm pro Tonne Last angegeben, so ist für das Steigungsverhältnis $\frac{1}{n}$

$$W = w + 1000 \frac{1}{n}.$$

Ist V die Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde, so beträgt dieselbe in der Sekunde $v = \frac{V}{3{\cdot}6}$.

Ist P das Gewicht der Lokomotive, Q die Last aller Wagen mit Ladung in Tonnen und z die Zugkraft der Maschine in Kilogrammen, bei einem Verhältnis f ihres Gewichtes zur Zugkraft, so ist

$$f = \frac{1000\,P}{z} \text{ und } z = \frac{1000\,P}{f} = W\,(Q + P).$$

Nennen wir L die Leistung der Maschine in Pferdestärken und α den Nutzeffekt derselben, so haben wir

$$P = \frac{f \times W \times Q}{1000 - f \times W}$$

$$L = z \times v \times \frac{1}{75} \times \frac{1}{\alpha} = 3{\cdot}6 \times \frac{V \times W \times Q}{\alpha\,(1000 - f \times W)}.$$

Nach praktischen Ermittelungen ist bei günstigen Verhältnissen für Eisenbahnzüge mittlerer Länge

$$z = 2{\cdot}25 + \frac{v^2}{80} \pm 1000 \times i,$$

worin i das Steigungsverhältnis und v die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde bedeutet.

Kraftbedarf für einen Wagen in der Ebene.

$E = \frac{9{\cdot}81 \times f}{4 \times 3{\cdot}6} \times G \times V$ = Effekt in Watt oder rund $E = 50 \times G \times V$.

G = Wagengewicht in Tonnen,
V = Kilometer Fahrt in der Stunde,
f = Traktionskoäffizient.

Eine andere Berechnungsweise ist in folgenden Ausführungen gegeben.

Herr G. W. Knox in Chicago bringt auf Grund der allgemeinen Formel von J. B. Blood, welche im

Street Railway Journal vom März 1899, Seite 142, auf Seite 234 vom April 1899 derselben Zeitschrift und auf Seite 149 auf Grund von Ausführungen des Professors Geo. F. Swain gegeben war, folgende Formel für die Berechnung des Zugwiderstandes

$$R = B + W \cdot M + \frac{A \cdot M^n}{T}.$$

Hierin bedeutet:

R = den Bahnwiderstand,
M = die Geschwindigkeit,
T = das Gewicht des Zuges,
B = den Koëffizienten der Achslager = 3—4 bei guten Lagern und 5—6 bei neuen Lagern,
W = den Rad- und Schienenwiderstand = 0·15 bei richtigem Querschnitt der Schienen, passenden Radflanschen, gut verlegten Schienen und richtiger Größe der Räder,
A = den Luftwiderstand je nach dem Querschnitt des Zuges,
n = den Exponenten des Luftfaktors, der durch Versuche zu bestimmen ist; derselbe beträgt 1—2, gewöhnlich 1·8.

Für große Geschwindigkeiten muß A besonders bestimmt werden.

Es wirken folgende Teile der Fortbewegung des Zuges entgegen:

1. die Reibung der Achslager,
2. die Reibung der Räder auf den Schienen,
3. der Luftwiderstand,
4. die Reibung der Zahnräder,
5. die Reibung der Motorwelle.

Nr. 1 ist für alle Geschwindigkeiten fast konstant.

Nr. 2 ändert sich hauptsächlich mit der Geschwindigkeit.

Nr. 3 ist unabhängig vom Gewicht des Zuges und ändert sich als Funktion der Geschwindigkeit.

Kraftbedarf elektrischer Straßenbahnen.[1])

Der Kraftbedarf in Pferdestärken an den Bürsten des Motors eines elektrischen Straßenbahnwagens ist

$$PS = \frac{(1{\cdot}25 \times r + s)\, t \times v}{75\, k},$$

worin

t = Wagengewicht in Tonnen,

r = Traktionskoëffizient (= Zugkraft pro Tonne Wagengewicht in den Horizontalen mit gleicher Geschwindigkeit),

s = Steigung pro 1000 *m* in Metern,

v = Geschwindigkeit des Motors pro Sekunde,

k = Güterverhältnis des Motors, die Übertragung auf die Achsen inbegriffen.

Der Zuschlag von 25 % in der Formel mit $1{\cdot}25 \times r$ des Traktionskoëffizienten ist für den Verlust beim Anfahren hinzugerechnet, z. B.

Steigung 50 %,

Wagengewicht voll besetzt 8·8 *t*,

Geschwindigkeit 4 *m* pro Sekunde oder 14·4 *km* pro Stunde.

Gewöhnlich nimmt man

$$r = 12$$
$$k = 0{\cdot}70, \text{ also}$$

$$P\,S. = \frac{(1{\cdot}25 \times 12 + 50)\, 8{\cdot}8 \times 4}{75 \times 0{\cdot}70} = 43{\cdot}6\,PS.$$

Die hierfür in der Zentrale an der Dampfmaschine entsprechend erforderliche Kraft erhält man, wenn man noch den Leitungsverlust der Gesamt-Streckenleitung

[1]) Nach Ludwig Schröder, »Elektrotech. Zeitschrift«, S. 111, 1899. Nr. 5 vom 2. Februar.

und das Güteverhältnis der Dynamomaschine mit in Rücksicht zieht.

Man ermittelt in dieser Weise den Kraftbedarf für jeden einzelnen Wagen, die Summe der ermittelten Größen ergibt den Gesamtkraftbedarf zu einer bestimmten Zeit des Fahrplanes. Das Maximum des Kraftbedarfes muß aus dem Längenprofil und dem zugehörigen graphischen Fahrplan der Straßen dadurch ermittelt werden, daß man die Rechnung für verschiedene Zeiten des Fahrplanes ausführt.

Rechnet man statt Pferdestärken A *kg* und einen Weg w statt der Geschwindigkeit v, so ist

$$A = \frac{(1{\cdot}25 \times r + s)\, t \times w}{0{\cdot}70} =$$

der auf einem bestimmten Stück einer Fahrplanlinie zu leistenden Arbeit in Kilogrammen.

Berechnung der Anzahl der fahrenden Wagen.[1])

Pm sei die mittlere Kraft.

Δ die Abweichung zwischen dem mittleren Wert und der berechneten Kraft.

Die Beobachtungsfehler werden nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt.

Ist m die Anzahl der Beobachtungen, n die Konstante in der Abhängigkeitsgleichung, welche den Vorgang definiert, so ist der Wert des wahrscheinlichen Beobachtungsfehlers

$$0.674 \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m-n}}.$$

In der Praxis gilt dieser Ausdruck der wahrscheinlichen Abweichung zwischen der höchsten Kraft die nötig ist und dem mittleren Maximum, aus der folgenden Gleichung

[1]) Nach Max Corsepius, »Sammlung elektrotechnischer Vorträge«, Heft 2, 1896.

$$M = (0{\cdot}674 \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m-1}} + Pm)\, q$$

n ist gleich 1 und q die Anzahl der gleichzeitig fahrenden Wagen. Man kann jedoch auch wie folgt verfahren.

Es sei Pm die mittlere Kraft für eine Reihe von Augenblicken δ die Differenz zwischen diesen Werten und Pm. Die Stromstärken, die unter einer Minute auftreten, werden nicht berücksichtigt, da die Maschinen dies zufolge ihrer Überleistung gestatten; bei Zehnminutenverkehr ist dies also $^1/_{10}$ davon, man hat also

$$0{\cdot}674 \sqrt{\frac{\Sigma(\delta^2)}{m}}.$$

Während $^9/_{10}$ der Zeit ist die Schwankung der Kraft nicht größer als 2·5 mal.

α setzt man für 5 Minutenverkehr = 1·9
» 10 » = 2·5
» 15 » = 2·7
» 20 » = 2·9

Es ist dann

$$M = (0{\cdot}674 \sqrt{\frac{\Sigma(\delta^2)}{m}}\, \alpha + P).$$

Der Kraftbedarf während eines Tages richtet sich nach dem Verkehr, also nach der Anzahl der Wagen und der Witterung und hiernach auch die Anzahl der Anhängewagen und zwar im Sommer offene Anhängewagen und im Winter geschlossene Anhängewagen.

Annähernde Berechnung der Geschwindigkeit und Stromstärke auf verschiedenen Steigungen aus der Charakteristik des Motors.[1])

V = Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde oder $= \frac{V}{3{\cdot}6}$ = Meter pro Sekunde.

[1]) S. 47'. Blondel Dubois: »La Traction Electrique«.

Kraftbedarf für Straßenbahnen.[1])

Spurweite und Ausrüstung	Plätze zirka	Tonnen pro Wagen im Dienst	Laufende Kilometer in Steigung	Laufende Kilometer in Ebene	Zulässige Steigung bis 500 *m* Länge ohne (Anhängewagen)	Zulässige Steigung bis 500 *m* Länge mit (Anhängewagen)	Zulässige Steigung bis 200 *m* Länge ohne (Anhängewagen)	Zulässige Steigung bis 200 *m* Länge mit (Anhängewagen)	Kilowatt, beziehungsweise Pferdestärken pro Wagen zu leisten in der Zentrale – Steigung Mittel = 0·003 ohne (Anhängewagen)	= 0·003 mit (Anhängewagen)	= 0·006 ohne (Anhängewagen)	= 0·006 mit (Anhängewagen)	= 0·013 ohne (Anhängewagen)	= 0·013 mit (Anhängewagen)	= 0·020 ohne (Anhängewagen)	= 0·020 mit (Anhängewagen)
1 *m* 2 Motoren 12 PS.	25	6·5	10—15	15—25	0·028	0·010	0·035	0·015	9·5	15·5	12	19	16	—	—	—
									7	11·5	9	14	12	—	—	—
normal oder 1 *m* 1 Motor 20 PS.	30	7	10—15	15—25	0·02	0·05	0·043	0·022	9·5	15	12	—	15·5	—	17	—
									7	11	9	—	11·5	—	12·5	—
normal oder 1 *m* 2 Motoren 20 PS.	30	7·5	10—15	15—25	0·04	0·02	0·083	0·043	10	16	13	20	17	27	19·5	32·5
									7·5	12	9·5	15	12·5	20	14·5	24
normal oder 1 m 2 Motoren 20 PS.	40	8	10—15	15—25	0·038	0·013	0·077	0·033	11	17	13·5	21·5	17·5	28·5	20	34
									8	12·5	10·5	16	13	21	15	25
normal oder 1 *m* 1 Motor 35 PS.	40	7·5	10—15	15—25	0·04	0·02	0·083	0·043	11	17	13·5	21·5	17·5	28·5	22·5	36
									8	12·5	10	16	13	21	16·5	26·5
normal oder 1 *m* 2 Motoren 35 PS.	40	9	10—15	15—25	0·058	0·033	0·125	0·077	15	21	18	25·5	24	34	27	40
									11	15·5	13·5	19	18	25	20	30

Die oberen Zahlen sind Pferdestärken.
Die unteren Zahlen sind Kilowatt.

[1]) Auf Grund von Versuchen nach Corsepius.

UJ = Kraft in Watt.
g = Beschleunigung der Schwere,
η^m = Wirkungsgrad = ∞ 0·72.
F = Traktionswiderstand in Kilogramm.

$$\frac{FV}{3{\cdot}6} = \eta^m \frac{UJ}{g}$$

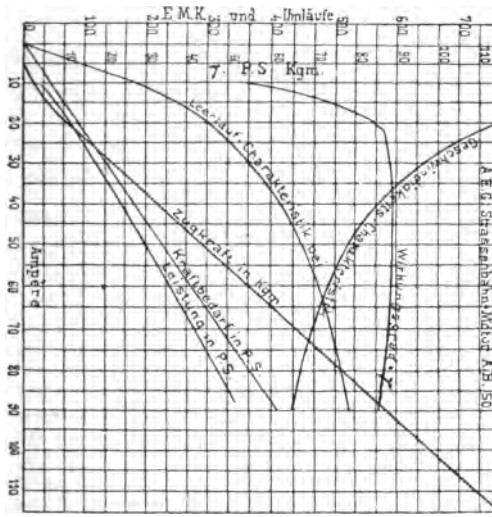


Fig. 118. Motorkurve.

β = Traktionskoëffizient des ganzen Zuges in Bezug auf Beschleunigung der Schwere,
i = Steigung

$$J = \frac{g\,V\,P\,(\beta + i}{3\,.\,6\,U\,\eta^m}.$$

P = Gesamtgewicht des Zuges.
Die Tafel gibt den Wert von

$$\frac{V\,(\beta + i)}{3{\cdot}6 \times 75}$$

und setzt man U = 500 Volt.

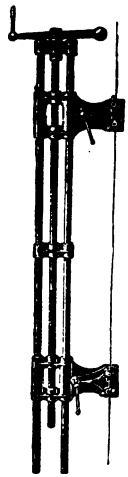


Fig. 119. Lötvorrichtung.

P = Gewicht in tons

β und i in Kilogramm pro ton, so hat man

$$J^{amp.} = 0{\cdot}0054\ 5\ \frac{V^{km:k}\ P^{tons}\ (\beta + i)^{kg:t}}{\eta_m}$$

hat man keine Kurve des Motors, so kann man setzen inklusive Zahnräderverlust

$\eta = 0{\cdot}65$ bei $^1/_4$ Last
$\eta = 0{\cdot}70$ » $^1/_2$ »
$\eta = 0{\cdot}75$—$0{\cdot}80$ bei voller Last

oder bei vorhandener Kurve nach Fischer-Hinner:

$$\frac{J}{V} = 0{\cdot}0054\ 5 \left(\frac{\beta + i}{\eta_m}\right) P.$$

In Fig. 118 sind Motorkurven eines Straßenbahnmotors der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft abgebildet, wie man sie für obige Zwecke aufstellt.

Höchster Kraftbedarf.

Anzahl der Wagen mit 2 Motoren im Dienst	Kraft indizierte PS. pro Wagen	
	bei 7 Tonnen 30 Plätze	bei 10 Tonnen 50 Plätze
25—30	10	15
15—25	12	20
10—15	15	25
1—5	20	30
	25	35

Bei starken Steigungen ist der Kraftbedarf entsprechend größer.

Bei kleinen Anlagen hat man entsprechend den größeren Schwankungen obige Zahlen wie folgt zu multiplizieren:

bei 4 Wagen mit 1·3
» 4—6 » » 1·2
» 6—10 » » 1·1
» 10 » » 1

je nach der Wichtigkeit der Anlagen.

Maschinensätze in der Kraftstation.

Nach den in Nordamerika üblichen Anordnungen hat man bei den verschiedenen Leistungen die folgenden Maschinensätze angeordnet:

P. S. maximal	Anzahl der Maschinensätze	P. S. pro Satz
200	2	200
400	3	200
600	3	300
1.000	3	500
1,500	4	500
2 000	4	750
5.000	6	1.000
10.000	6	2.000
20.000	6	4.000
40 000	9	5.000
60.000	10	6.000
90.000	11	10.000

In einem ausführlichen Aufsatze von Dr. M. Eisig[1]) werden mancherlei nützliche Winke bezüglich Wahl und Größe der Maschinen mitgeteilt.

Wirkungsgrad des Kraftwerkes.

Der Spannungsverlust u ist $= u \rho l \Delta$.
Hierin bedeutet ρ den spezifischen Widerstand des Leiters für die Länge,
Δ die Stromdichte.

[1]) S. »E.-T. Z.« vom 3. Juli 1902, Heft 27, S. 588—593. — »Street Railway Journal«, Bd. 16, S. 651.

Der Verlust in den Leitungen sei 9%, in den Schienen 1%, zusammen also 10%. Man hat jedoch oft 15%, bei nordamerikanischen Bahnen 20 auch 25% Verlust.

Die Gesamtkraft beträgt $Pi = \frac{Pj}{0{\cdot}40}$.

Hierin bedeutet Pj den Bedarf der Kraft an den Felgen,
0·40 der gesamte Nutzeffekt des Systems.

Wirkungsgrad der Dynamos.

Bei 1/4 Belastung	0·85%
» 1/2 »	0·90 »
» Vollbelastung.	0·92 »
» 25% Überlastung	0·90 »
im Mittel.	0·85 »

bei großem Betriebe rechnet man jedoch 0·90 bis 0·92%.

Wirkungsgrad von Straßenbahnen und Lokalbahnen.

Dieselben geben günstigenfalls folgenden Nutzeffekt

Motoren und Regulierung	Leitungen	Dampf-Dynamos	
0·70	0·90	0·80 — 0·75	= 0·50 — 0·47%
	im Mittel		
0·60	0·90	0·75 — 0·80	= 0·40 — 0·32% total

Ausführungsarbeiten.

Die Herstellung der Geleise muß naturgemäß der Verlegung der Straßenleitungen, insbesondere der Fahrdrähte vorausgehen, da dieselben in ihrer Lage von jenen abhängig sind.

Nachdem wir das Material, die Hilfsgeräte und die Vorschriften für die Oberleitungen kennen gelernt haben, erübrigt sich noch einiges über die Arbeitsweise beim Anbringen der Kontaktdrähte zu sagen.

Zunächst sind alle Befestigungspunkte für die Hängedrähte zu bestimmen, die erforderlichen Pfosten aufzustellen, beziehungsweise Wandplatten anzubringen und die Querdrähte in richtiger Höhe zu befestigen,[2]) wobei zugleich die Fahrdrahtisolatoren eingehängt, eingebunden oder festgeklemmt werden.

Sind die Schienen inzwischen fertig verlegt, so beginnt das Ausziehen des Fahrdrahtes. Derselbe wird auf Holztrommeln geliefert, in den früher beschriebenen Karren gelegt und abgerollt. Eine Arbeiterabteilung mit einem Turmwagen fährt hinterdrein und bindet den Kontaktdraht vorläufig neben den Isolatoren mit Draht oder Stricken fest. Um den Verkehr nicht zu stören, wird diese Arbeit gewöhnlich des Nachts ausgeführt. Am Tage erfolgt das Anlöten der Tragösen, mit besonders hierfür gestalteten Lötkolben. Hierbei wird die Oberleitung entsprechend der schon früher gegebenen Tabelle nach einem Dynamomotor mit Drahtwinde gespannt und gerichtet.

Beim Vereinigen zweier Enden in einer Hülse oder Lötmuffe gebraucht man einen Flaschenzug mit Froschklemmen[3]) oder die in Fig. 119 abgebildete

[1]) Ausführliche Anweisungen gibt Dawsons Pocket Book, deutsch von Joh. Zacharias, Halle, a. d. S. 1903.

[2]) S. »Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage«, von Joh. Zacharias, II. Auflage, S. 49. A. Hartleben, Wien.

Fig. 120. Leitungskurven im Fahrdraht

Spannvorrichtung, mit welcher man leicht und sicher solche Verbindungen ausführen kann.

Besonders schwierig gestaltet sich das Anlöten des Fahrdrahtes in Krümmungen, wie eine solche z. B. in Fig. 120 dargestellt ist. Es kreuzen hier zwei zweigeleisige Strecken, welche durch eine Kurve verbunden sind. Die Abspannung muß nach den zuvor gegebenen Tabellen erfolgen. Die Arbeit erfordert viel Erfahrung und Umsicht.

Die an den Fahrdraht angelöteten Tragösen werden sofort an die Isolatoren angeschraubt. Nach Vollendung einer Strecke sind die Sektionsschalter, Speiseleitungen und Blitzableiter anzubringen.

Nach Vollendung der Arbeiten erfolgen Probefahrten, Einüben und Unterweisung des Personals und schließlich die behördliche Befahrung und Abnahme.

Für die Handhabung der Motorwagen gelten besondere Vorschriften, von denen eine, bei vielen Betrieben angewendete, als Beispiel in dem Abschnitte über die Fahrschalter mitgeteilt ist.

6. Beschreibung einiger Bahnen.

Um eine Vorstellung von dem Umfange und der Einrichtung ausgeführter Anlagen zu geben, haben wir nachstehend aus deren großer Zahl einige ausgewählt.

Die folgende Tabelle gibt zunächst ein Bild über das Verhältnis der Einwohnerzahl verschiedener Städte zur Länge der Geleise und Größe der Anlagen.

In Nordamerika kommen auf 1 Meile oder 1·6 *km* Straßenbahn 588—2000 Einwohner, in England 8422 bis 22523 in den großen Städten.[4])

Straßenbahn in St. Gallen.

Im Jahre 1893 war die Frage einer Straßenbahn für St. Gallen und dessen nächsten Außengemeinden durch ein Initiativ-Komitee aufgegriffen worden. Man dachte anfangs daran, die Straßenbahnwagen mit Gasmotoren auszurüsten und nach dem System Lührig komprimiertes Leuchtgas als Kraftquelle zu verwenden, doch hätten die von Lührig vorgeschlagenen 10—15 PS. Gasmotoren für die Gefällsverhältnisse der Strecken Bruggen-Neudorf und Heiligkreuz nicht genügt. Das Projekt einer Gastrambahn wurde fallen gelassen, dafür trat jenes eines elektrischen Betriebes der Straßenbahn in den Vordergrund. Die Betriebskraft sollte nach dem ersten Projekte durch eine Generator-Gasanlage geliefert

[4]) N. »Elektric Railways and Tramways by Philip Dawson«. London.

werden. Diese Betriebsquelle kam jedoch bald außer Kombination, da das unterdessen in städtisches Eigentum übergegangene Gaswerk in der Lage war, das zum Betriebe von Gasmotoren nötige Leuchtgas zu liefern.[1])

Als das Initiativ-Komitee, welches am 4. November 1894 vom Gemeinderate der Stadt die Konzession für den Bau und Betrieb einer Straßenbahn erhalten hatte, an die Finanzierung des Unternehmens schritt, wurde in einer am 28. August 1895 abgehaltenen Volksversammlung dem Wunsche Ausdruck gegeben, daß die Gemeinde selbst den Bau und Betrieb der Straßenbahnen übernehmen solle. In der am 10. November 1895 stattgefundenen Bürgerversammlung wurden die dahin zielenden Anträge einstimmig zum Beschlusse erhoben, worauf sofort an die Ausführung der Arbeiten geschritten und die Konzession für die Straßenbahn von dem Initiativ-Komitee an die Stadt abgetreten wurde.

Die Spannung im Leitungsnetze der Straßenbahn wurde mit 500 Volt und der maximale Spannungsverlust in den Straßenbahnleitungen mit 50 Volt festgesetzt.

Die Lieferung sämtlicher elektrischer Arbeiten wurden der Maschinenfabrik Örlikon übertragen. Die Betriebseröffnung der Straßenbahn fand am 20. Mai 1897 statt.

Tracé. Die Linie Bruggen—Heiligkreuz geht vom Brauereigebäude in Stocken aus, führt durch das Dorf Bruggen, über Schönenwegen, Lachen, Stahl, durch die Rosenbergstraße, gegen den Viehmarkt und Kübelmarktplatz, durch die Goliathgasse, St. Jakobstraße, vor der Brauerei Schützengarten vorüber, bis nach Heiligkreuz. Hierbei wird die Staatsstraße zweimal gekreuzt. Die Linie Bahnhof—Krontal geht vom Bahnhofplatz aus

[1]) Nach freundlich gewährten Unterlagen der Maschinenfabrik Örlikon, Aktien-Gesellschaft zu Örlikon bei Zürich.

Elektrische

erbaut von der Allgemeinen

Ort	Einwohner der Stadt mit Vororten		Betrieb eröffnet	Geleislänge	Motorwagen
Halle a/S.	120.000	130.000	Mai 1891	25·5	58
Gera	44 000	52.000	Februar 1892	10·7	26
Kiew	300 000	—	Mai 1892	28·6	56
Breslau	380.000	—	Juni 1893	31	85
Essen	100.000	300.000	August 1893	22	24
Chemnitz	165.000	—	August 1894	31·2	61
Christiania	180 000	—		7·5	22
Dortmund	112.000	—	Mai 1894	25·8	60
Lübeck	70.000	—	Mai 1894	17·7	29
Plauen	56.000	—	November 1894	5·8	13
Königsbg. i/P.	175.000	—	—	17·1	29
Altenbg. S. A.	35.000	—	—	4 1	7
Straßbg. i/E.	140.000	—	—	30 2	74
Stuttgart	160.000	—	November 1895	19 5	65
Genova	220.000	350.000	—	115	155
	Von obigen 115 *Km* liegen 6 *Km* in Tunnels, eine				
Spandau	56.000	—	März 1896	12·6	24
Bilbao	70.000	—	März 1896	37 4	48
Kiel	85.700	111 000	Mai 1896	20·4	41
Leipzig	400.000	—	Mai 1896	74	110
Nürnberg-Fürth	163.000	—	Mai 1896	47.2	68
Bromberg	65.000	—	Juli 1896	7·9	20
Danzig	130.000	—	August 1896	27·5	43
Bernburg	34.000	—	August 1897	3·8	9
Heilbronn	36.000	—	Juni 1897	5·2	15
Stettin	142 000	—	Juli 1897	38·5	82
Eisenach	25.000	—	—	3·8	5
Braunschw.	120.000	—	Oktober 1897	43·1	70
Duisburg	75 000	—	Dezember 1897	24·5	55
Görlitz	75.000	—	Dezember 1897	15	26
Frankf. a/O.	60.000	—	Januar 1898	11	24
Lodz	330.000	—	Dezember 1898	16·2	30
Santiago-Chile	300.000	—	—	117	170
Barcelona	280.000	—	—	52	70

Straßenbahnen

Elektrizitäts-Gesellschaft.

Anhängwagen	Maschinenleistung HP	Brutto Einnahmen Mark	Wagen Kilometer	Jahr der Daten	Bemerkungen
20	525	398.676·07	1,519.062	1898	
16	525	—	—	1900	
10	700	—	—	1900	Steigungen 1:13·7—1:9·5
100	900	906.895·35	3,016.814	1898	10 Pfg. Tarif
17	540	—	—	1900	Straßen-, teilweise nur 3·5 m Fahrdammbreite
47	720	617.954·48	2,180.052	1898	10 Pfg. Tarif
12	700	—	—	1900	
20	540	614.889·20	1,427.608	1898	
26	540	262.544 66	1,021.021	1898	
—	200	—	—	1900	
—	—	—	—	1900	Städtisches Elektrisches Werk mit Lichtwerk
—	330	62.720·94	249.301		
70	—	304.905·18	580.616	1897/98	Umgegend hat 200 *Km* Dampfkleinbahnen
65	—	1,074 896	2,486.180	1898	
75	7000 1000	3,034.948 *L.*	5,765.706	1898/99	bis 1890 nur eine Pferdebahnlinie
Drahtseilbahn von 1·6 *Km* mit 0·7 *Km* in Tunnels, auch Lichtbetrieb					
20	300	209.020·56	728 661	1898	
90	1500	—	—	—	
18	600	342.301·39	1.644.278	1898	
50	1850	1,324.069·39	5,316.383	1898	
50	800			1900	
14	670	163.186·85	622 032	1898	
53	600	624.781·62	1,974.636	1898	
—	—	46 402·90	276.169	1898	Licht und Kraftwerk
3	—	—	—	—	
40	1000	838.800·30	2,760.441	1898	
4	—	—	—	—	Strom vom Lichtwerk
61	900	667.085·03	2,455.544	1898	
35	600	432.704·24	1,071.217	1898	
12	—	200.088·07	777.785	1898	
6	450	183.019·89	695.454	1898	Licht und Kraftwerk
30	1100	—	—	—	Hatte bis dato keine Straßenbahn
150	—	—	—	—	
75	—	—	—	—	Elektrisches Werk mit 7000 PS.

durch die Poststraße über den Marktplatz nach der Rohrschacherstraße bis zum Endpunkt in Krontal.

Da die Straßen ziemlich enge sind, wurde die Bahn, mit Ausnahme der zweigeleisigen, gemeinschaftlichen Strecke beider Linien auf dem Marktplatze, einspurig ausgeführt. Die Ausweichgeleise, deren größte Länge 120 *m*, deren kleinste 50 *m* beträgt, wurden auf den Strecken Stahl—Post—Langgasse und Bahnhof—Krontal für den Fünfminuten-Betrieb, auf den Strecken Schönenwegen—Stahl und Post—Langgasse—Heiligkreuz für den Zehnminuten-Betrieb und auf der Strecke Schönenwegen-Bruggen für den Zwanzigminuten-Betrieb angeordnet.

Die Achsendistanz der Ausweichgeleise beträgt 2·5 *m*, so daß zwischen zwei sich kreuzenden Wagen eine Lichtweite von 50 *cm* übrig bleibt. Die Geleiseentfernung vom nächstgelegenen Trottoirrandstein beträgt normal 1·6 *m*, minimal 1·3 *m*. Der Minimalabstand von Gebäuden, Einfriedungen oder Mauern ist mit 2 *m* festgesetzt. Die Länge der durchgehenden Geleise beider Linien beträgt 9·282 *km*, die des zum Depot führenden Geleises in der Langgasse 0·446 *km*. Die Gesamtlänge der Ausweichgeleise ist 1·913 *km*, die totale Geleiselänge 11·641 *km*. Die Zahl der Weichen beträgt 42.

Richtungsverhältnisse. Die namentlich im Stadtgebiete herrschenden, engen Straßenverhältnisse übten einen nachteiligen Einfluß auf die Richtungsverhältnisse aus und erforderten kleine Minimalradien. Der kleinste Radius, welcher bei drei Kurven zur Anwendung kam, beträgt 15 *m*. Von der gesamten Geleiselänge liegen 3·749 *km* (32·2%) in Kurven, der übrige Teil (67·8%) in Geraden. Da die Lage der Geleise den Straßenwölbungen angepaßt werden mußte, kommen Überhöhungen bis zu maximal 6 *cm* vor.

Steigungsverhältnisse. Dieselben sind ziemlich ungünstig, namentlich auf der Strecke Bruggen—Heiligkreuz. Die Maximalsteigung beträgt 6·4% (in der Goliath-

gasse auf zirka 50 *m*). Die übrigen bedeutenderen Steigungen sind in nachstehender Tabelle verzeichnet:

Strecke	Steigung in Prozenten	Auf einer Länge von Metern
Bei der Kirche Bruggen . . .	2·99	195
Auf der nach der Kirche folgenden Strecke	2·79—4·36	280
Schönenwegen—Lachen . . .	4·42—4·65	500
Lachen—Stahl	4·5	65
Beim Kirchhof St. Fiden . . .	4·85	105

Unterbau. Die Unterbauarbeiten beschränkten sich auf die Korrektion der Goliathgasse, deren frühere Steigung von 9·5% durch Verteilung des Gefälles auf 5·7% ausgeglichen wurde, und auf die Erstellung der Endstation Bruggen, welche die Aufstellung von Stützmauern und eine Auffüllung erforderte.

Oberbau. Die Schienen liegen auf einer Steinbettung von je 40 *cm* Breite und 25 *cm* Stärke und auf einer Kiesschüttung von 10 *cm* Höhe. In den ungepflasterten Straßen sind zu beiden Seiten der Schienenköpfe Steinbettungen von 15 *cm* Stärke und 20 *cm* Breite angeordnet. Die Spurweite der Geleise, welche 1 *m* beträgt, wurde in den Kurven von 15 bis 20 *m* Radius auf 1·003 *m* erweitert.

Die Rillenschienen, Hörde Prof. Nr. 29, haben eine Fußbreite von 150 *mm*, Höhe von 150 *mm*, Rillenbreite von 33 *mm*, Rillentiefe von 30 *mm*, Trägheitsmoment von 1787·4, Widerstandsmoment von 214·95 und Gewicht von 42·8 *kg* per l. Meter. Die normale Schienenlänge beträgt 12 *m*. Die Laschen haben [-förmiges Profil und eine Länge von 750 *mm*. Das Gewicht pro 1 *m* Geleise beträgt 93·6 *kg*.

Die Weichen sind automatische Zungenweichen mit zwei beweglichen Zungen, welche mit besonderen, im Kasten verschlossenen Federn an die Mutterschiene angedrückt werden, und verstellbaren Gewichtsweichen.

Gebäude. Die Wagenremise, 61·5 *m* lang, 14·5 *m* breit und 5·2 *m* hoch, hat vier Geleise und bietet Raum für 28 Motorwagen. Unter den Geleisen befindet sich eine einzige über das ganze Gebäude sich erstreckende »Putzgrube« von 1·6 *m* Tiefe. An der der Maschinenhalle zu gelegenen Gebäudeseite der Remise ist außerhalb derselben noch ein fünfter Geleisestrang (Reserve) in einer überdachten und nach der Maschinenhalle zu offenen Galerie verlegt.

Auf dem Kübelmarkte befindet sich ein Wartepavillon von 9·3 *m* Länge und 7·5 *m* Breite, welcher in Riegelbau ausgeführt ist. Dieser Pavillon enthält ein Wartezimmer mit gedeckter Vorhalle, die Räume für das Fahrpersonal, das Wärterlokal und ein öffentliches Kloset.

Leitungsnetz.

Die Betriebsspannung beträgt 550 Volt, der maximale Spannungsverlust 50 Volt. Das gesamte Leitungsnetz ist in vier Abschnitte: Bruggen—Viehmarkt, Heiligkreuz—Blumenaubrücke, Stadt und Krontal, Blumenaustraße eingeteilt. Die von den Tramsammelschienen abgehenden vier Speiseleitungen treten aus der Hauptzentrale an der nordwestlichen Ecke des Gebäudes heraus und sind, mit Ausnahme jener für den Abschnitt Heiligkreuz—Blumenaubrücke bestimmten, welche in einem eigenen Graben in der Jägerstraße verlegt ist, im gleichen Graben mit den Speiseleitungen für das Beleuchtungsnetz untergebracht. Die Tram-Speiseleitungen, welche ebenso wie die Beleuchtungskabel ausgeführt sind, münden in gußeiserne Ausschalterkasten, auf welche ein Ausschalterhebel montiert ist.

Von diesen Ausschalterkasten führen gut isolierte Kabel zu den Anschlußösen, welche an Aufhängekulissen angegossen sind. Die Anschlußstellen der Kabel an die oberirdische Kontaktleitung haben eingeschaltete Blitzschutzvorrichtungen.

Die Speiseleitung für den Abschnitt Bruggen—Viehmarkt in der Ortschaft Lachen an die Kontaktleitung angeschlossen hat eine Länge von 2700 *m* und einen Querschnitt von 200 *qmm*. Zur Verstärkung der Kontaktleitung dient eine an die Hauptspeiseleitung anschließende 910 *m* lange Speiseleitung, welche aus 8 *mm* starkem Kupferdraht besteht und auf dem Kontaktgestänge montiert ist. Die Rückleitung erfolgt durch einen 8 *mm* starken, nackten Kupferdraht.

Die Speiseleitung für den Abschnitt Heiligkreuz—Blumenaubrücke ist bei der Einmündung der Jägerstraße in die St. Jakobstraße angeschlossen, hat einen Querschnitt von 150 *qmm* und eine Länge von 110 *m*. Für diesen Abschnitt wurde eine Rückleitung von 50 *qmm* Querschnitt und 309 *m* Länge vorgesehen. Diese Rückleitung wurde als isoliertes Kabel ausgeführt, weil sie nahe an der Hauptzentrale vorüberführt.

Die für die Stadt bestimmte Speiseleitung ist beim Notfeststein angeschlossen, hat einen Querschnitt von 150 *qmm* und eine Länge von 700 *m*. Als Rückleitung dient ein 8 *mm* nackter Kupferdraht.

Die Speiseleitung für den Abschnitt Krontal—Blumenaustraße ist beim Depot angeschlossen, hat einen Querschnitt von 100 *qmm*, eine Länge von 300 *m* und einen 8 *mm* nackten Kupferdraht als Rückleitung.

Außer den Rückleitungsdrähten dienen auch die Schienen zur Rückleitung des Stromes. Zu diesem Zwecke sind die Schienenstöße mit 6 *mm* starkem, verzinktem Kupferdraht, welcher mit den Schienen gut vernietet ist, verbunden. Diese Schienenverbindungen sind außerdem noch alle 50 *m* durch einen 6 *mm*

starken Kupferdraht miteinander in Verbindung gebracht.

Die Kontaktleitung besteht aus hartgezogenem Kupferdraht von 8 *mm* Durchmesser und zirka 3000 *kg* Bruchfestigkeit. Die Kontaktleitung ist 6·5 *m* über dem Boden doppelt isoliert aufgehängt und durch Streckenausschalter unterbrochen. Die Zugspannung im Kontaktdraht beträgt zirka 500 *kg*. Die Aufhängung des Kontaktdrahtes erfolgt stets direkt auf Auslegemasten oder Abspanndrähten. Letztere sind an Mauerrosetten oder Spannmasten befestigt und aus galvanisiertem Stahldraht von 6 *mm* Durchmesser und 500 *kg* Zugfestigkeit hergestellt. Die größte Abspannung beträgt zirka 80 *m*, die kleinste 5 *m*. Auf den Auslegermasten ist der Kontaktdraht mittels isolierten Stahldrahtes federnd aufgehängt. Die Gesamtlänge des verwendeten Kontaktdrahtes ist 11·3 *km*; das Gewicht des hierzu verwendeten Kupfers beträgt 5·05 Tonnen. Es sind 42 Luftweichen vorhanden.

Die Abspannmaste und Ausleger sind teils aus Mannesmannröhren, teils aus imprägniertem Holz hergestellt. Die hölzernen Auslegermasten haben Auslegerarme, welche aus Gasrohr gefertigt sind. Sämtliche Maste sind 1·6 *m* tief im Boden einbetoniert und haben eine totale Länge von 7·5 *m*. Im ganzen kamen zur Verwendung: 176 hölzerne und 124 eiserne Spannmasten, 56 hölzerne und 50 eiserne Auslegermasten, 152 Mauerrosetten, 253 einfache und 30 verlängerte Streckenisolatoren, 120 Doppelkurvenisolatoren, 59 einfache Kurvenisolatoren, 243 Hängeisolatoren, 357 Erdisolatoren und 30 Spezialisolatoren.

Zum Schutze gegen herabfallende Telephon- und Telegraphendrähte sind parallel zum Kontaktdrahte Schutzdrähte gezogen, welche teils auf den Auslegermasten, teils auf separater Abspannung isoliert aufgehängt sind. Diese Schutzdrähte sind durch einen

besonderen, 6 *mm* starken Kupfer-Erdleitungsdraht mit den Schienen verbunden. Die Schutzdrähte bestehen aus 6 *mm* Stahldraht und sind durch Querdrähte aus 4 *mm* hartgezogenem Stahldraht verbunden.

Rollmaterial.

Dasselbe besteht aus 30 Motorwagen, 4 Anhängewagen, 1 Schneefegemaschine und 2 Güterwagen.

Der von der Schweizer Industriegesellschaft in Neuhausen gelieferte mechanische Teil der Wagen Nr. 1 bis Nr. 28 besteht aus zwei Hauptteilen, dem Untergestell mit Tragrahmen für die Motoren und aus dem Wagenkasten, welcher sich nach Lösung von acht Schrauben leicht vom Untergestelle abheben läßt. Das Untergestell ist aus Profileisen und zwei starken, mit Winkeleisen armierten Blechträgern hergestellt. Letztere sind durch Kopfstücke und Querträger aus Profileisen miteinander verbunden. Die Achsen und Bandagen sind aus Flußstahl, die Radsterne aus Schmiedeeisen hergestellt. Die Zug- und Stoßvorrichtung ist zentral angeordnet; die Zugstange läßt sich um ihren Drehpunkt nach oben, unten, links und rechts bewegen. Die Wagen haben, um starke Stöße aufzuheben, eine doppelte Abfederung. Der Durchmesser der Laufräder beträgt 800 *mm*. Der Wagenkasten ist aus Holz gefertigt und mit Blechtafeln verkleidet. Das Wagendach ist mit wasserdichtem Segeltuch belegt.

Die Wagen sind außer der elektrischen Bremse noch mit der Handbremse ausgerüstet, und zwar die Wagen Nr. 1 bis Nr. 22 mit vierklötzigen und Nr. 23 bis 28 mit achtklötzigen Handbremsen.

Der Radstand der Wagen Nr. 1 bis Nr. 58 beträgt 1·5 *m*, die Wagenlänge 7·13 *m*, die Wagenbreite 2 *m*, das Wagengewicht 7,5 Tonnen. Jeder Wagen hat 16 Sitzplätze und 14 Stehplätze.

Die elektrische Ausrüstung der Motorwagen Nr. 1 bis Nr. 28 besteht aus zwei Motoren von je 20 PS. Leistung, 2 Regulierapparaten mit 6 verschiedenen Regulierstufen, zwei Sicherheitsausschaltern, 1 Bleisicherung, 1 Blitzschutzvorrichtung, 1 Kontaktbügel, der elektrischen Heizung und Beleuchtung. Die beiden vierpoligen, mit Reihenschaltung versehenen 20 PS. starken Motoren sind in einem geschlossenen Stahlgußgehäuse untergebracht und übertragen mittels Zahnradvorgelegen die Bewegung auf die Laufachsen. Die Armatur der Motoren hat einen Durchmesser von 404 *mm*, eine Eisenbreite von 300 *mm*. Die Wicklung ist nach dem Grammering durchgeführt. Es sind 59 Nuten mit je 12 Windungen von je 2·2—2·8 *mm* Draht vorhanden. Die Magnete haben 120 Windungen von 3·5—4 *mm* Draht in acht Lagen angeordnet. Der Kollektor besteht aus 118 Lamellen. Durch die Regulierapparate (System Serie-Parallel), welche mit den notwendigen Vorschalt- und Bremswiderständen ausgerüstet sind, werden die Motoren zum Anfahren und für langsame Fahrt in Reihe, für schnelle Fahrt und größere Kraftleistungen parallel geschaltet. Die gleichen Schalter können für Vor- und Rückwärtsgang benutzt werden.

Die Stromabnahme erfolgt durch einen Kontaktbügel. Die Stromabnahme-Vorrichtung ist aus Mannesmannstahlrohr hergestellt, zangenförmig geformt und trägt oben den eigentlichen Abnahmebügel aufgesetzt. Letzterer ist aus 10 *mm* starkem und 50 *mm* breitem Aluminiumblech hergestellt. Die äußerste Breite der Kontaktvorrichtung beträgt 1·6 *m*, ihre Länge 3·1 *m*, das Gewicht 8·5 *kg*. Der Bügelbock ist so eingerichtet, daß die Federn zur Zeit, wenn die Wagen im Depot stehen, entlastet werden können. Zur besseren Ableitung des aufgenommenen Stromes ist der Aluminiumbügel noch durch einen längs der Kontaktvorrichtung

herabgehenden Kupferdraht mit den Kabeln, welche den Motoren den Strom zuführen, verbunden.

Jeder Wagen wird durch zwei elektrische Heizkörper von 1 Kilowatt geheizt und durch 10 Glühlampen, welche in zwei Stromkreise geschaltet sind, beleuchtet.

Das Untergestell der zweiachsigen Wagen Nr. 29 und Nr. 30, welche von der Schweizer Wagen- und Waggonfabrik A:-G. Schlieren, gebaut wurden, zerfällt in zwei Teile und zwar in das eigentliche Motorengestell und in das, den Wagenkasten und die Plattformen tragende Kastengestell. Das Motorgestell besteht aus Preßlangträgern und Profileisen und ist auf den Achsenbüchsen elastisch gelagert. Dieses Gestell, an welches auch die beiden Motoren aufgehängt sind, trägt eine achtklötzige Bremse keilförmige Bahnräumer und die Federn. Das Kastengestell besteht aus einem Profileisenrahmen und ruht mittels kräftiger Schrauben, Spiral- und Blattfedern auf dem Motorgestell, in welchem es entsprechend geführt ist.

Die Radsätze sind nach dem Typ Van der Zypen ausgeführt. Die Zug- und Stoßvorrichtung besteht aus einem starken beiderseitig abgefederten Zentralpuffer aus Schmiedeeisen mit rechteckiger Stoßplatte, welcher mit einem vertikalen Einsteckbolzen, zum Befestigen des Kuppeleisens, versehen ist. Die achtklötzige Spindelbremse kann von beiden Plattformen aus angezogen werden. Die Wagen sind mit vier, von den Führerständen mittels Fußtrittes zu betätigenden Sandstreuapparaten ausgestattet.

Die Wagenkasten sind als abgeschlossene Konstruktion mit Oberlichtaufbau und Längssitzen im Wageninnern ausgeführt. Das Kastengerippe besteht aus Eichenholz, Boden und Dachbretter aus Tannenholz. Die äußere Wagenverschalung ist aus gespannten Blechtafeln hergestellt. Unter den aufklappbaren Latten-

bänken, welche als Sitze dienen, sind die Sandstreu- und Werkzeugkasten, sowie die elektrischen Heizkörper untergebracht. Die Plattformen sind ganz geschlossen und mit seitlich verschließbaren Türen versehen.

Die Wagen enthalten im Innern 16 Sitzplätze, vorn 7, hinten 10 Stehplätze.

Die maximale Wagenbreite beträgt 2·0 *m*, die über die Puffer gemessene Wagenlänge 8·0 *m*, die Höhe von Schienenoberkante bis über Oberlicht ohne Stromabnehmerbohlen 3·2 *m*.

Die Wagen sind mit je zwei Motoren, Maschinentype Örlikon T M 8 ausgestattet. Die Motoren, welche je 37 PS. leisten, haben ein geschlossenes Gehäuse aus Stahlguß, das zugleich als Magnetkranz dient. Die aus lamelliertem Eisenblech hergestellten Magnetpole sind im Innern des Gehäuses angeschraubt. Die beiden Hälften des Gehäuses sind aufklappbar, so daß das Innere des Gehäuses vollständig zugänglich ist und der Anker bequem ausgewechselt werden kann. Die Motorlager sind mit Ringschmierung, die Triebachsenlager mit Filzschmierung versehen. Die Stromabnahme am Kollektor erfolgt bei jedem Motor durch vier Kollektorbürsten. Durch die sogenannten Kollektor-Revisionsöffnungen ist es möglich, beim fertig montierten Wagen von oben bequem zu den Kollektorbürsten gelangen können.

Der Durchmesser der Armatur beträgt 390 *mm*, ihre Breite 150 *mm*. Jede der Nuten von 14·5×37 *mm* enthält 30 Drähte von 2·75—3 *mm*. Die Drähte sind mit Tussaseide dreifach besponnen und lackiert. Der Kollektor hat 111 Kupferlamellen mit 0·8 *mm* Mikaisolation. Die Magnetbohrung beträgt 396 *mm*. Die vier in Reihe gewickelten Magnetspulen haben je 85 Windungen von 5·5—6 *mm* Draht.

Der Schutzkasten für die Zahnradübersetzung ist am Motor-Oberteil befestigt und zweiteilig.

Die Stromabnahme von dem Fahrdrahte erfolgt durch eine Bügelkontaktvorrichtung.

Die Anhängewagen sind zweiachsig und als geschlossene Konstruktion für 12 Sitzplätze im Innern und 12 Stehplätze auf den Plattformen ausgeführt. Die maximale Wagenbreite beträgt 2 *m*, die Länge, über die Puffer gemessen, 5·96 *m* und die Höhe von Schienenoberkante bis über Oberlicht 2·98 *m*.

An das aus leichten Blechträgern hergestellte und durch Blattfedern abgefederte Untergestell sind eine vierklötzige Bremse, eine elektromagnetische Scheibenbremse, welche vom Kontrolleur des Motorwagens aus betätigt wird, und Bahnräumer aufgehängt. Die Zug- und Stoßvorrichtung und der Wagenkasten sind in ähnlicher Art wie bei den Motorwagen ausgeführt.

Die Güterwagen, welche zum Nachführen von Sand, respektive Salz, beim Sanden, respektive Salzen, der Geleise dienen, haben einen Achsenstand von 1·5 *m*, Ladefläche von 5 *qm*, Gewicht von 819 *kg* und Tragfähigkeit von 2·5 Tonnen.

Geschwindigkeiten. Als Maximalgeschwindigkeit (Aufenthalt nicht mitgerechnet) sind angenommen: im Weichbilde der Stadt 10—12 *km*, auf den weniger dicht bebauten Straßenstrecken der Stadt- und Außengemeinden 15 *km* und auf den freien Strecken außerhalb der Stadt 18—20 *km*.

Die Fahrzeit der Strecken Bruggen—Heiligkreuz beträgt 24½ Minuten, mit Aufenthalt 33 Minuten, Bahnhof Krontal 9, beziehungsweise 12 Minuten.

Auf der Strecke Bruggen—Schönenwegen ist Zwanzigminuten-Betrieb, Schönenwegen—Heiligkreuz ist Zehnminuten-Betrieb, Bahnhof—Krontal ist Zehnminuten-Betrieb und auf den Strecken Bahnhof—Krontal und Lachen—Post—Langgasse ist in der Zeit von morgens 11¼ Uhr bis abends 8 Uhr Fünfminuten-

Betrieb eingerichtet. Der Aufenthalt auf den Endstationen beträgt 2·10 Minuten.

Betrieb.

Die Anlagekosten der Straßenbahn betrugen Ende 1900 total 1,340.910 Franken.

Die Wartehalle am Kübelmarkt kostete 10.679·30 Franken.

Die Straßenbahn verkehrt von morgens 6 Uhr bis abends 10 Uhr. Im Winter finden Extrafahrten nach Schluß des Theaters statt.

Straßenbahnverkehr. Im Betriebsjahre 1900 betrug die Zahl der zurückgelegten Wagenkilometer 762.490, die Zahl der beförderten Reisenden total 2,586.000 oder pro Wagenkilometer 3·39. Der für diesen Verkehr gemessene Energieverbrauch betrug total 486.527 Kilowattstunden,

Taxen. Die Fahrpreise für die Straßenbahn werden nach Taxstrecken berechnet. Die Strecke Bruggen—Heiligkreuz ist in sieben, Bahnhof—Krontal in vier Taxstrecken eingeteilt. Eine Taxstrecke (durchschnittlich 930 *m* lang) wird mit 10 Cts., jede weitere mit je 5 Cts. mehr berechnet. Außerdem werden Abonnements ausgegeben.

Personal. Das Personal für den Straßenbahnbetrieb besteht aus:

1 Betriebschef (zugleich Ingenieur der Elektrizitätswerke), 1 Adjunkten, 1 Buchhalter, 2 Schreiber, 2 Bahnwärter, 3 Hilfsbahnwärter, 3 Kontrolleure, 24 Billeteure, 10 Billeteur-Ablöser, 24 Wagenführer, 10 Wagenführer-Ablöser, 1 Depotchef, 20 Werkstättenarbeiter.

Straßenbahn Altstätten—Berneck.

Tracé. Die Linie, welche sich vom Bahnhof Altstätten bis zum Rathaus in Berneck erstreckt und 11·7 *km* mißt, ist vollständig auf die Staatsstraße ver-

legt. Die maximale Steigung liegt innerhalb der Ortschaft Berneck. Diese Steigung erstreckt sich auf eine Länge von 55 *m* und beträgt 52‰. Die durchschnittliche Steigung der ganzen Linie beträgt 13·75‰, der kleinste Kurvenradius 25 *m*. Die Spurweite der mit automatischen Weichen versehenen, eingeleisigen Linie beträgt 1 *m*. Die Schienen, Hartwig-Profil, haben eine Fußbreite von 109 *mm*, Höhe von 135 *mm* und wiegen 24 5 *kg* per laufenden Meter. Sie sind auf einer Steinbettung von je 200 *mm* Breite und 180 *mm* Stärke, auf welcher sich eine Kiesschicht von 65 *mm* Höhe befindet, verlegt.

Stromzuführung. Die Stromzuführung nach den Wagenmotoren erfolgt durch oberirdische Leitung und Trolleystromabnahme. Die Betriebsspannung beträgt 600 Volt. Die Rückleitung erfolgt durch die Schienen die an den Stößen durch 6 *mm* starke, kupferne Verbindungen miteinander verbunden sind.

Leitung. Die Kontaktleitung besteht aus 8 *mm* dickem Kupferdraht, welcher an einfachen, auf hölzernen Masten befestigten Gasrohrkonsolen aufgehängt ist. Die Isolation der Bahnkontaktleitung ist gegen Erde doppelt, wobei die Holzstangen nicht als Isolatoren gerechnet sind. Die ganze Kontaktleitung ist in zwei von einander unabhängige Teile, deren Speisung direkt von der Schalttafel der im Schontal befindlichen Reservestation erfolgt, zerlegt. Der gegen Berneck ziehende Strang wird von einer Verstärkungsleitung gespeist, die, so wie der Fahrdraht, 8 *mm* stark und auf denselben Masten, die die Fahrdrahtkonsolen tragen, befestigt ist. Der gegen Altstätten ziehende Strang hat keine Speiseleitung.

Rollmaterial. Dasselbe besteht gegenwärtig aus sieben Motorwagen. Der Wagenkasten hat eine äußere Länge von 5·6 *m* und eine Breite von 2·1 *m*. Die lichte Höhe desselben beträgt 2·33 *m*. Mit den

Plattformen gemessen hat der Wagen 7·5 *m* Gesamtlänge.

Das vom Kasten abnehmbare und auswechselbare Untergestell ist dem elektrischen Straßenbahnbetriebe entsprechend besonders kräftig aus Formeisen hergestellt. Um dem Wagenkasten eine solidere Unterlage zu schaffen, kamen Blatt-Tragfedern zur Anwendung, wodurch ruhiger Lauf erzielt wird. Um das Dröhnen und Vibrieren des Untergestelles abzuschwächen, sind zwischen letzterem und dem Wagenkasten Gummiplatten angeordnet. Der Radstand beträgt 2 *m*. Die Achsen und Bandagen sind aus Stahl, die Radsterne von Schmiedeeisen. An den Achsenbüchsen hängen zwei Längsträger, an welche die keilförmig angeordneten Räumerbretter, sowie vor jedem Rad eine Räumerbürste angebracht sind. Die Gestelle sind mit einer vierklötzigen, rasch wirkenden Schrauben-Spindelbremse, welche von beiden Plattformen aus bedienbar ist, versehen.

Der Wagen bietet im Innern, auf quer angeordneten Sitzen, welche von polierten Eichenholzplatten hergestellt sind, Platz für 24 Personen. Die an den beiden Stirnenden angeordneten Plattformen sind 950 *mm* lang und für sechs Stehplätze vorgesehen. Der Zutritt zum Wageninnern, das durch eine Zwischenwand in eine Raucher- und Nichtraucherabteilung getrennt ist, erfolgt durch breite Schiebetüren von der Plattform aus.

Über der ganzen Länge des Wagenkastens ist ein Ventilationsaufbau mit beweglichen Fenstern angebracht. Im Wagenfußboden, der durchweg mit einem Lattenrost belegt ist, sind zwei Klappen angeordnet, um leicht zu den Motoren gelangen zu können.

Jede Plattform hat zwei abnehmbare Abschlußtüren, welche durch einen Klinkenverschluß festgelegt werden können. An jedem Plattformdach ist eine

Signalglocke mit Riemenzug und am Plattformfußboden eine Tretglocke befestigt. An jeder Kopfwand ist eine Petroleumlampe, die zugleich als Signallampe dient und außen einen Signalapparat mit roten und grünen überklappbaren Gläsern trägt, eingesetzt. Diese Petroleumlampen sind sehr notwendig, da die Straßen nicht beleuchtet sind und bei Versagen des Stromes während der Nacht einer Panik des Publikums vorgebeugt wird. Außerdem ist jede Wagenabteilung durch an der Wagendecke befestigte Glühlampen beleuchtet. Die Heizung der Wagen, anfangs für Brikettheizung eingerichtet, erfolgt jetzt elektrisch.

In jedem Wagenkasten befinden sich zwei Sandstreuer, welche mittels Zuges von der Plattform aus bedient werden. Am Kopfende der Wagen befindet sich ein beweglicher Zentral-Kuppel- und Stoßapparat.

Die Wagen wurden von der »Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G.« hergestellt, während die elektrische Ausrüstung von der Maschinenfabrik Örlikon besorgt wurde.

Die elektrische Ausrüstung besteht bei sechs Wagen aus je einem Motor, Typ E Z 7 von 18 PS., dessen Armatur 59 Nuten mit je zwölf Windungen von 2·2—2·8 *mm* Draht besitzt. Der Kollektor besteht aus 118 Lamellen. Die in Reihe geschalteten Magnetspulen haben je 120 Windungen von 3·5—4 *mm* Draht. Die weitere elektrische Ausrüstung der Wagen besteht aus 2 Regulierapparaten (Kontrolleur) mit gemeinsamer Kurbel und Widerstandskasten, eingerichtet für elektrische Bremsung, 2 Sicherheitsschaltern mit Bleisicherungen, 1 Stromabnahme-Vorrichtung und 6 Glühlampen mit Ausschalter und Sicherungen. Der siebente Wagen besitzt 2 Motoren, um eventuell einen Anhängewagen mitführen zu können.

Für Befahrung der ersten von zwei Haltestellen begrenzten Sektion beträgt der Fahrpreis 15 Cts., während für die Befahrung einer jeden weiteren Sektion ein Zuschlag von 5 Cts. erfolgt.

Anlagekosten. Die Kosten der gesamten Bahnanlage, jedoch ohne die Maschinen der Kraftstationen, welche 110.000 Franken kosteten, setzen sich aus folgendem zusammen:

Organisations- u. Verwaltungskosten,

Vorarbeiten und Bauleitung . .	Franken	19.517·93
Verzinsung des Baukapitals . . .	»	8.898·78
Expropriationen	»	42.904·62
Unter- und Oberbau	»	199.290·83
Depot- und Werkstättengebäude, Diverses	»	50.689·12
Akkumulatoren und Leitungsnetz .	»	105.152·25
Rollmaterial	»	106.959·65
Bureaueinrichtungen, Gerätschaften Werkstätte etc.	»	12.120·09
total . .	Franken	545.533·27

Aus dieser Totalsumme ergeben sich folgende Einheitspreise:

Unter- und Oberbau per Bahnkilometer Betriebslänge	Franken	17.180·20
Akkumulatoren und Leitungsnetz per Kilometer	»	9.064·80
Totalkosten per Bahnkilometer Betriebslänge (ohne Kraftstationen) .	»	47.030·40

Erträgnis. Über die Frequenz und Rentabilität der Bahnanlage gab der Geschäftsbericht für das Jahr 1899 folgenden Aufschluß:

Zahl der beförderten Personen	430.365
Ausgeführte Wagenkilometer	151.435

Übrigens sind die übrigen Wagen so konstruiert, daß ein zweiter Motor leicht angebracht werden kann. Die Motoren selbst sitzen auf einer Vorgelegewelle und treiben die Laufachse mittels Zahnräderübersetzung an. Das Nettogewicht eines Wagens mit elektrischer Ausrüstung beträgt 6500 *kg*.

Da die Straßenbahn auch die Postbeförderung von den Bahnhöfen nach den Ortschaften, die an der Strecke liegen, besorgt, werden kleine, zweirädrige Postwagen als Anhängewagen mitgeführt.

Werkstätte. Dieselbe enthält 2 Drehbänke, 1 Schleifstein, 1 Bohrmaschine, sowie die normale Werkstätteneinrichtung. Die Maschinen werden durch 1 Gleichstrommotor betätigt.

Remise. Die für acht Wagen Raum bietende Remise ist zweigeleisig. Sie ist durchweg mit Zementbelag versehen und mit einer großen Putzgrube ausgestattet.

Fahrplan. Zur Bewältigung des Verkehres sind, der Jahreszeit entsprechend, 16 bis 21 Fahrten in jeder Richtung in der Zeit von 6 Uhr morgens bis 9 Uhr morgens festgesetzt. Die mittleren Fahrgeschwindigkeiten betragen auf der Strecke Bahnhof-Altstätten bis Altstätten 12 *km*, auf den Strecken Altstätten-Stadt bis Heerbrugg und Heerbrugg—Berneck 13·6 *km* per Stunde.

Taxen. Die ganze Linie ist in acht Taxstrecken eingeteilt und zwar:

Altstätten-Bahnhof—Altstätten-Stadt	1250 *m*
Altstätten-Stadt—Leuchingen	1400 »
Leuchingen—Marbach	1300 »
Marbach—Rebstein (Stationsstraße)	1300 »
Rebstein—Balgach-Bad	1500 »
Balgach-Bad—Balgach-Dorf	750 »
Balgach-Dorf—Heerbrugg	1700 »
Heerbrugg—Berneck	2500 »

Betriebs-Einnahmen	Franken	77.720·—
» » per Bahnkilometer . . .	»	6.758·26
» » per Wagenkilometer .	Cts.	51·3
Betriebs-Ausgaben	Franken	57.377·43
» » per Wagenkilometer . .	Cts.	37·88

Bahnanlage Meckenbeuren—Tettnang.

Tracé. Die Bahnlinie führt von Meckenbeuren aus durch ein ziemlich freies Gelände ohne irgend eine Zwischenortschaft zu berühren, so daß zwischen Meckenbeuren und Tettnang jede Station entfällt. Die Betriebslänge der Bahn beträgt 5 *km*.

Steigungsverhältnisse. Die Steigungsverhältnisse sind ziemlich ungünstig. Die Linie steigt erst allmählich mit 2%, um nach einigen Schwankungen bei 2 *km* in eine Steigung von 20% überzugehen. Diese Steigung wird, abgesehen von der Unterbrechung durch eine kurze Steigung von 15%, bis zur Station Tettnang beibehalten.

Unterbau. Derselbe ist wie bei allen deutschen Normalbahnen durchgeführt worden, ohne daß sich besondere Hindernisse in den Weg gestellt hätten oder Kunstbauten notwendig geworden wären.

Oberbau. Die Normalspur wurde in den Kurven, entsprechend den deutschen Eisenbahnvorschriften, erweitert. Der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 180 *m*. Er kommt allerdings nur einmal vor, fällt jedoch mit der Steigung 1 : 50 zusammen. Für den Oberbau wurde als zulässiger Raddruck 5 *t* angenommen und dementsprechend eine Stahlschiene von 22 *kg* Gewicht und 9 *m* Länge verwendet. Jede Schiene ist auf 11 kiefernen Querschwellen verlegt. Im Staatsbahnhofe Meckenbeuren, sowie im Bahnhofe Tettnang kamen je

8 Geleiseweichen zur Verlegung. Die Länge aller Haupt- und Nebengeleise beträgt 5·857 *km*.

Leitungsnetz. Die Kontaktleitung ist über der Mitte der Geleise geführt und an Stahlseilen, welche zwischen den zu beiden Seiten der Bahnlinie aufgestellten Masten verspannt sind, in einer Höhe von 6 *m* aufgehängt. In den Stahlseilen sind Porzellanisolatoren und in den Aufhängungspunkten Hartgummiisolatoren angebracht. Die Speiseleitung ist auf je 200 *m* Abstand mit der Kontaktleitung verbunden. In Meckenbeuren und in der Zentrale Tettnang ist der eine Pol der Gleichstrommaschine mit den Schienen verbunden, welche dem Strom als Rückleitung dienen. Den anderen Pol bildet die Speiseleitung. Zur Sicherung einer guten Verbindung sind die Schienen an den Stößen noch durch besondere, angenietete Kupferbügel verbunden, so daß der Ohmsche Widerstand der Schienen für das verwendete Profil nur 0·01 Ohm beträgt. Am Anfange und Ende der Linie sind Streckenausschalter eingebaut, um sowohl jeden Bahnhof, als auch die Strecke selbst ausschalten zu können. In den Staatsbahnhof Meckenbeuren ist die Kontaktleitung nur soweit eingeführt, als es die Übernahme und Übergabe der Güterwagen erfordert. Im Bahnhofe Tettnang, sowie in jenem von Meckenbeuren waren je acht Luftweichen notwendig. Für die Luftweichen war die Bedingung gestellt, daß sie mit 30 *km* Geschwindigkeit befahren werden müßten; wenn auch diese Geschwindigkeit bei Verschiebebewegungen selten vorkommt, so war eine höhere Geschwindigkeit als bei Straßenbahnweichen im Interesse einer raschen Abwickelung des Verschiebedienstes doch von Wichtigkeit.

Rollmaterial. Für die oben erwähnte ungünstige Stelle der Bahn, wo der kleinste Krümmungshalbmesser mit der größten Steigung zusammenfällt, wurden für einen vollbelasteten Zug von 43 *t* Gewicht ermäßigte

Anforderungen an die Geschwindigkeit gestellt und hierfür 10 *km* angenommen. Bei dieser Geschwindigkeit berechnet sich die erforderliche Arbeit an der ungünstigsten Stelle für den vollbelasteten Zug zu 39 PS., während auf gerader, wagrechter Strecke, bei 25 *km* Geschwindigkeit eine Arbeit von nur 12 PS. nötig wird. Der wesentlich größere Arbeitsaufwand in der Steigung ließ es wünschenswert erscheinen, das tote Gewicht der Züge tunlichst zu vermindern. Es wurde daher von der Anwendung einer eigentlichen elektrischen Lokomotive abgesehen und man entschloß sich die Personenwagen als Motorwagen auszubilden.

Das Rollmaterial besteht aus zwei Motorwagen und einem Personen-Anhängewagen III. Klasse Die Güterwagen, mit Ausnahme von zwei für den Ortsverkehr bestimmten, werden dem Wagenparke der Württembergischen Staatsbahn entnommen.

Für die Konstruktion der Motorwagen waren drei Hauptbedingungen maßgebend: 1. Die Zug- und Stoßvorrichtung, somit das ganze Untergestell, waren durch das Bedürfnis bestimmt, die Motorwagen mit allen Fahrzeugen der Hauptbahn zu kuppeln. 2. Die untere Grenze des Wagengewichtes war durch die Zugkraft bestimmt. 3. Für die innere Einteilung der Wagen war vorgeschrieben, daß dieselben Abteilungen II. und III. Klasse, sowie einen Raum für Gepäck und Post enthalten sollen.

In der Mitte des Motorwagens ist der durch seitliche Schubtüren zugängliche Gepäcksraum, in dem ein kleiner Verschlag für Poststücke eingebaut ist, angeordnet. An die Gepäcksabteilungen schließen sich beiderseits Personenabteilungen an, auf einer Seite die II. Klasse mit 11, auf der anderen die III. Klasse mit 21 Sitzplätzen. Die Personenabteilungen sind von den Plattformen an den Wagenenden durch Schubtüren zugänglich. Die Plattformen sind mit Seitentüren versehen,

so daß sie bei stärkerem Personenverkehre auch besetzt werden können. Auf der Plattform hat auch der Wagenführer seinen Platz. Das Gestell ist ohne Puffer 8800 *mm* lang. Entsprechend dieser Länge und den zu befahrenden Kurven wurde ein fester Radstand von 4500 *mm* gewählt. Die Räder sind Griffinsche Hartgußräder.

Jede der beiden Achsen wird mittels Zahnradvorgelege durch einen Motor von 25 PS., bei einer Zahnradübersetzung 58 : 144·14, angetrieben. Die mit Ringwickelung versehene Armatur der Motoren hat 59 Nuten mit je 16 Windungen von 2·5—3·1 *mm* Draht. Die Magnete haben vier in Reihe geschaltete Spulen. Jede Spule besteht aus 84 in sieben Lagen angeordneten Windungen von 5·6—6 *mm* Draht. Der Kollektor besitzt 118 Lamellen. Die beiden Motoren arbeiten in Reihenschaltung. Ein auf dem Wagen angebrachtes, federndes Drehgestell drückt das die Bronzerolle tragende Stahlrohr gegen die Kontaktleitung. Der Strom passiert Notausschalter, Bleisicherung, Blitzschutzapparat, sowie einen Regulator, welcher mittels Drehung einer Kurbel gestattet, die Geschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen zu verändern. Regulator und Handbremse sind auf den Plattformen angebracht.

Die Wagen werden durch sechs hintereinander geschaltete Glühlampen beleuchtet, außerdem sind in die Stirnwände zwei Petroleumlampen eingebaut. Sämtliche Wagen sind elektrisch geheizt.

Das Totalgewicht eines Motorwagens beträgt 13·8 *t*, jenes eines Anhängewagens 9·3 *t*.

Die vertragliche Leistung eines Motorwagens ist auf eine Zugkraft von 350 *kg* bei 30 *km* oder 1200 *kg* bei 8 *km* (letzteres für Güterzüge) festgesetzt. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Motoren eine bedeutend höhere Leistung entwickeln, da selbst bei größerer Geschwindigkeit Lastzüge von 55 *t* befördert werden.

Im nachfolgenden sei noch eine Tabelle der verschiedenen Geschwindigkeiten bei verschiedener Belastung und günstigstem Wirkungsgrade der Motoren gegeben.

Zusammensetzung	Gewicht in Tonnen	Fahrzeit in Minuten	Kilometer pro Stunde auf Steigungen			
			im Mittel	1 : 500	1 : 200	1 : 50
Motorwagen allein	13·8	12	22	29	24	19
Motorwagen mit Anhängewagen.	33	18	15	24	18	14
Motorwagen mit Anhängewagen.	46·4	21	13	22	15	10 5

Betrieb. Der Fahrplan wurde so festgelegt, daß an jeden in der Station Meckenbeuren haltenden Staatsbahnzug Anschluß stattfindet.

Betriebspersonal. Dasselbe besteht aus: 1 Betriebsleiter, 1 Obermaschinisten, 1 Expedienten, 1 Aspiranten, 1 Stationsdiener, 1 Lademeister, 1 Weichensteller, 1 Kolonnenführer, 1 Motorwagenführer, 1 Zugführer, 1 Schuppenwärter, 1 Turbinenwärter, 1 Turbinenablöswärter, total 13, per Bahnkilometer 2·60 Personen.

Betriebsergebnisse. Im Jahre 1899 wurden befördert: 81·611 Personen, wovon 5·38% auf die II. Klasse und 94 62% auf die III. Klasse entfielen.

Die totale Leistung betrug im Jahre 1899: 49.540 Nutzkilometer, 147.090 Wagenkilometer, 9912 total gefahrene Züge, 27·16 per Tag gefahrene Züge.

Die Betriebseinnahmen ergaben aus dem

Gesamtverkehr:

auf 1 Bahnkilometer . . . *M.* 12.412·08
» 1 Nutzkilometer . . . » 125·27

Personenverkehr:
auf 1 Personenkilometer . . . *M.* 4·52

Güterverkehr:
auf 1 Tonnenkilometer . . . *M.* 23·68
Betriebseröffnung am 4. Dezember 1895.

Straßenbahn in Freiburg (Schweiz).

Gebäude. Die in Steinbau ausgeführte Kraftzentrale liegt im Zentrum der Stadt am Notre-Dame-Platz zwischen den beiden Kirchen Notre Dame und Cordeliers. Das Gebäude bedeckt eine Grundfläche von 568 m^2. Im Erdgeschoß befindet sich der Raum für die Umformergruppe und die Apparatenanlage (79·5 m^2), von demselben durch eine Glaswand getrennt, die Werkstätte (88 m^2) und die Remise (330 m^2). Im Souterrain sind das Dienstzimmer und der Akkumulatorenraum untergebracht.

Die Remise ist mit vier Geleisesträngen und zwei Putzgruben versehen. Ein Geleisestrang führt in die Werkstätte. Sämtliche vier Geleisestränge laufen vor dem Gebäude auf dem Notre Dame-Platz zu einer Drehscheibe, von welcher ein 89·8 *m* langer Verbindungsstrang zur Hauptlinie führt. Die Remise erhält reichliches Licht durch große Oberlichter. Der Dachstuhl ruht auf eisernen Säulen, die zwischen den Geleisen angeordnet sind.

Umformergruppe. Dieselbe besteht aus einem Gleichstrom-Nebenschlußmotor, welcher mit einer Gleichstrom-Nebenschlußdynamo mittels isolierender und flexibler Kuppelung gekuppelt ist.

Der Gleichstrom-Nebenschlußmotor, welcher bei 400 Umdrehungen in der Minute 85 PS. leistet, wird von dem Verteilungsnetze der Administration des Eaux et Forets gespeist. Der Durchmesser des Armatureisens beträgt 745 *mm*, die Eisenbreite 330 *mm*. Die

Armatur besitzt 242 Nuten von 4·6—28 *mm*. In jeder Nut sind 2 Leiter von $\frac{2\times 10}{3\times 11}$ *mm* Kupferstab in 4 Ebenen übereinander gewickelt. Der Kollektor hat 42 Lamellen. Die Bohrung der Magnete beträgt 759 *mm*. Die 6 Magnetspulen sind in Reihe geschaltet. Jede Magnetspule besteht aus 3500 Windungen von 1·8—2·2 *mm* Draht.

Die Leistung von 85 PS. wird derzeit noch nicht ausgenützt, doch wurde mit Rücksicht auf eine spätere Vergrößerung, von vornherein ein stärkerer Motor vorgesehen. Die zum Motor führende Leitung zweigt direkt von der Schaltanlage der hydroelektrischen Zentrale »Du Barrage« ab.

Die Gleichstromdynamo hat eine Aufnahmefähigkeit von 85 PS. und erzeugt bei 400 Umdrehungen in der Minute einen Strom von 575 Volt und 110 Ampère. Die Armatur hat einen Eisendurchmesser von 745 *mm*, eine Eisenbreite von 330 *mm*, und besitzt 200 Nuten von 6—24 *mm*. Jede Nut enthält 2 Leiter von $\frac{3\times 8}{4\times 9}$ *mm* Kupferstab in 4 Ebenen übereinander gewickelt. Der Kollektor hat 200 Lamellen. Die Bohrung der Magnete beträgt 759 *mm*. Die in Reihe geschalteten Erregerspulen bestehen aus je 2000 Windungen von 2·0—2·4 *mm* Draht.

Motor und Generator sind sorgfältig gegen Erde isoliert. Sie arbeiten selbst bei einer fortwährenden Überlastung von 20% funkenlos und ohne höhere Erwärmung irgend eines Teiles als 30% über die Außentemperatur.

Apparatanlage. Dieselbe ist auf einem Eisengerüste montiert und in einer Kasten-Holzverschalung untergebracht. Die aus weißem Marmor hergestellte Verkleidung ist in fünf Felder eingeteilt. Das 1. Feld trägt einen automatischen Ausschalter für die Luftlinie; das

2., 3. und 4. Feld je einen Ampèremeter, Voltmeter, Hauptausschalter für Motor, Generator und Batterie; das 2. Feld außerdem noch den Anlaßapparat für den Motor; das 3. Feld die Reguliervorrichtung für den Generator, das 5. Feld je zwei Handausschalter für je eine Batteriehälfte, sowie einen automatischen Batterieausschalter, durch welchen der Strom unterbrochen werden kann, wenn aus irgend einer Ursache die Spannung der Batterie jene des Generators, übersteigt. Hierdurch kann jede Unterbrechung im Gange des Generators hervorgerufen durch Umkehrung des Stromes, vermieden werden. Am oberen Teile desselben Feldes befindet sich noch ein Handzellenschalter, welcher gestattet, die Spannung in der Kontaktleitung durch Zu- oder Abschaltung einiger Elemente, konstant zu erhalten. Im Schaltraum befinden sich ein Anlaßapparat und zwei Regulierwiderstände, von denen der eine für die Regulierung der Erregung des Motors, der andere für jene des Generators dient. Sämtliche Sicherungen sind in einem an der äußeren Wand befindlichen Porzellankasten untergebracht. Die Blitzschutzvorrichtungen der von der Kraftzentrale kommenden Hochspannungsleitung und jene für die Speiseleitung, sind an den Wänden der Maschinenhalle befestigt.

Batterie. Dieselbe besteht aus 270 Elementen mit einer Kapazität von 132 Ampèrestunden und einer Entladungsstärke von 132 Ampère.

Tracé. Es sind zwei Betriebsstationen vorhanden: Pont-suspendu—Bahnhof—Pérolles mit gemeinsamer Strecke Pont-suspendu—Bahnhof. Erstere Linie hat eine Länge von 1825·45 *m*, letztere von 2452·55 *m*. Die gemeinsame Strecke ist 1216·25 *m* lang. Die totale Länge des Netzes ist 3061·75 *m*. Die Gesamtlänge der Weichen beträgt 340 *m*. Hierzu kommt noch der früher erwähnte Verbindungsstrang, der zur Remise führt. Die größte

Steigung befindet sich in der Rue de Lausanne und beträgt 10·17%.

Unterbau. In der Stadt, wo sich fester Boden vorfindet, besteht der Unterbau aus einer Schicht Beton, in welche das eiserne Tragband für die Schiene eingelassen ist. Mit Ausnahme einer Trockenlegung des Bodens an einigen Stellen, sind keine besonderen Unterbauarbeiten ausgeführt worden. Es waren auch keine Veränderungen und Verbesserungen der vorhandenen Straßen notwendig.

Oberbau. Auf dem oben erwähnten Tragbande ruht die Schiene, System Demerbe, auf. Die untere Höhlung der Schienen ist mit Beton ausgefüllt. Es hat sich nach jahrelangem Betriebe gezeigt, daß dieser Betonausguß den Hohlraum der Schienen gut ausfüllt und mit dem früher erwähnten Betonunterbau ein Stück bildet. Auf der Strecke Pont-suspendu—Bahnhof, die seit vier Jahren schon im Betriebe ist, hat bis heute keine einzige Senkung stattgefunden. Zwischen den Tragbändern und Schienen, sowie zu beiden Seiten der letzteren, ist eine Steinpflasterung angeordnet.

Die Spurweite der Geleise beträgt 1 *m*, der kleinste Krümmungsradius 25 *m*. Der Krümmungsradius der Weichen beträgt 50 *m*. Es kamen zwei Profile Demerbe-Schienen zur Anwendung. Auf der Stadtstrecke wurde eine Schiene von 37 *kg* per laufenden Meter, auf den Strecken Bahnhof—Pérolles und Bahnhof—Beauregards eine Schiene von 33 *kg* per laufenden Meter verlegt. Für die erstere Strecke wiegt die totale Geleiseanlage 89·383 *kg* pro Kilometer, für die zweite 78·920 *kg* pro Kilometer. Die elektrische Verbindung der Schienstöße erfolgte durch einen gut vernieteten 8 *mm* Kupferdraht. In der Rue de Lausanne wurden zu beiden Seiten des Geleises in den Beton Holzbalken eingelassen, um für die Hemmschuhe eine gute

Reibungsfläche zu erhalten. Die elf Weichen sind mit beweglichen Doppelzungen versehen.

Auf der Linie Pérolles — Bahnhof, welche auf einer neuen Straße gelegen ist, wurde gegen Zerreißen der Betonunterlage, bei einer etwaigen Senkung der Straße, dadurch Vorsorge getroffen, daß unter der Betonunterlage Eichenplatten verlegt wurden. Falls nun stellenweise Senkungen eintreten, so wird der ganze Unterbau mit den Holzplatten gehoben und unter letzteren eine entsprechende Kieslage geschoben.

Leitungsnetz. Der Kontaktdraht, welcher einen Durchmesser von 8 *mm* hat, ist 6 *m* über die Schienenoberkante verlegt. Die Gesamtlänge des Kontaktdrahtes beträgt 4012 *m*, sein Gewicht 1793 *kg*. Die aus Stahl gefertigten Abspanndrähte sind teils an den Gebäudemauern mittels Mauerrosetten, teils an hölzernen und eisernen Masten befestigt. Die Zahl der Holzmasten beträgt 80, jene der eisernen Masten (nur in der Stadt befindlich) 17, die Zahl der Mauerrosetten 113. Die kleinste Abspannung beträgt 6·5 *m* (Rue de Lausanne), die größte 24 *m* (Avenue de Pérolles).

Eine besondere Merkwürdigkeit ist die Aufhängung des Kontaktdrahtes an den Tragseilen der Hängebrücke. Die Unterführung beim Bahnhofe besteht aus doppelt isolierten Winkeleisen, an welchen der Kontaktdraht aufgehängt ist. Sämtliche Muttern und Unterlagscheiben sind durch Fiberplättchen isoliert. Die ganze Tragvorrichtung ist gegen die Brückenkonstruktion durch Holz abgedeckt. Die Rückleitung des Stromes erfolgt durch die Schienen.

Rollmaterial. Der Wagenpark besteht aus 4 Wagen älterer und 2 Wagen neuerer Konstruktion. Durch die Regulierapparate (System Serie-Parallel), welche mit den notwendigen Vorschalt- und Bremswiderständen ausgerüstet sind, werden die beiden 20-PS.-Motoren zum Anfahren und für langsame Fahrt in Reihe, für

schnelle Fahrt und für große Kraftleistungen parallel geschaltet. Die gleichen Schalter können für Vor- und Rückwärtsgang benutzt werden. Es sind sieben verschiedene Regulierstufen und vier Bremsstufen vorhanden. Ferner ist ein besonderer Schalter, mittels welchen man den einen Motor ganz ausschalten und den anderen mit einem Teil des Regulierwiderstandes arbeiten lassen kann, vorgesehen. Ein elektromagnetischer Funkenlöscher unterbricht die Funken, welche bei Kontaktunterbrechungen entstehen können. Die Stromabnahme erfolgt mittels einer Kontaktschleifvorrichtung.

Die Wagen der Type 1897 enthalten 28 Plätze, wovon 14 Sitzplätze, 8 Stehplätze auf der hinteren und 6 auf der vorderen Plattform sind. Die Wagen der Type 1900 haben 12 Sitzplätze, 9 Stehplätze auf der hinteren und 7 auf der vorderen Plattform, zusammen ebenfalls 28 Plätze. Der Radstand beträgt 1·55 *m*. Die Spindelbremse betätigt 8 Klötze. Ferner ist eine Sicherheitsbremse spezieller Konstruktion und eine elektrische Bremse vorgesehen. Die Sicherheitsbremse besteht aus zwei Stahlklötzen (Hemmschuhen), welche mit Zähnen versehen sind. Die Bremse wird mittels Fußtrittes vom Wagenführer betätigt. Der Hebel, an dem der Fußtritt befestigt ist, löst zwei starke Federn aus, wodurch die Stahlklötze an den früher erwähnten Holzbalken eingreifen. Die Versuche ergaben, daß durch diese Bremse ein 9 Tonnen schwerer Wagen, der mit einer Geschwindigkeit von 8 *km* pro Stunde auf einem Gefälle von 10·17% fuhr, auf einer Länge von 0·8 *m* aufgehalten werden konnte.

Fahrplan. Es sind vier Wagen zum vollen Betriebe nötig. Die Wagen fahren in Zeitintervallen von $7^1/_2$ Minuten von Pont-suspendu abwechselnd nach Pérolles oder Beauregard ab, so daß auf der Strecke Pont suspendu—Bahnhof $7^1/_2$-Minuten-Betrieb, auf den anderen

Strecken 15-Minuten-Betrieb stattfindet. Von 7—8 Uhr morgens, $12^1/_2$—$1^1/_2$ Uhr mittags und 9—10 Uhr 40 Minuten abends sind nur 2 Wagen im Betrieb.

Betriebspersonal. Dasselbe besteht aus einem Depotchef, seinem Stellvertreter, 2 Arbeitern für die Zentrale, 6 Kondukteuren, 6 Wagenführern und 1 Streckenwärter.

Taxen. Die Taxen betragen je nach der Strecke 10 bis 15 Cts. Außerdem werden Abonnements und Couponhefte mit 20% Ermäßigung ausgegeben.

Anlagekosten. Dieselben betrugen Ende 1900 378,261.47 Fr. Zu dieser Zeit besaß die Gesellschaft einen Erneuerungsfond von 9000 Fr. und einen Reservefond von 11.000 Fr. Die ausgezahlte Dividende (Aktienkapital 200.000 Fr.) betrug 1897 und 1898 je 4%, 1899 und 1900 je 3%.

Schwebebahnen.

Der immer mehr zunehmende Verkehr unserer großen Städte und das Verlangen nach schneller Beförderung, hat zu der Überzeugung geführt, daß die Straßenbahnen an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angekommen sind und man auf andere Mittel sinnen muß, den schnellen Verkehr der Massen zu fördern. Hierzu gibt es zwei Mittel, entweder unter der Erde Tunnelbahnen, beziehungsweise Unterpflasterbahnen anzulegen oder Hochbahnen zu bauen. Die Tunnelbahnen oder Unterpflasterbahnen sind sehr kostspielig und mitunter kaum ausführbar, die Hochbahnen beschränken das Straßenland und erfordern unter Umständen kostspielige Landankäufe. Man hat daher, um diesen Übelständen abzuhelfen, zu den sogenannten Schwebebahnen gegriffen, bei denen nur einzelne Tragpfeiler in gewissen Abständen erforderlich sind, während im übrigen die Geleiseanlagen auf diesen

Unterstützungen frei schwebend angeordnet werden und die Wagen an den Geleisen nach unten hängen. Eine derartige Schwebebahn ist z. B. zwischen Barmen-Elberfeld und Vohwinkel ausgeführt worden.

Die engen, bereits von Straßenbahnen mehrfach durchzogenen und verkehrsreichen Straßen dieser Ortschaften gestatteten auf keinem anderen Wege den

Fig. 121. Schwebebahn.

Schnellverkehr zu vermitteln, als über dem Wuppertal in nicht zu großen Abständen einzelne Joche aus Eisenkonstruktion zu errichten, an denen die Fahrschienen befestigt sind, Fig. 121. Die Wagen bilden verhältnismäßig lange und schmale Kästen, welche an den Laufrädern, die durch Elektromotoren getrieben werden, hängen, Fig. 122. Die Einrichtung ist derartig getroffen, daß Entgleisen oder Herabfallen der Wagen unmöglich ist, es sei denn, daß die ganze

Konstruktion zusammenbrechen müßte. Auch hat sich gezeigt, daß man Kurven sehr viel leichter und schneller durchfahren kann, als auf zweigeleisigen Flachbahnen. Die einzelnen Einrichtungen einer solchen Schwebebahn sind nachstehend beschrieben.

Da das Wuppertal von etwa 300.000 Seelen bewohnt ist und an einzelnen Teilen nur bis 500 *m*

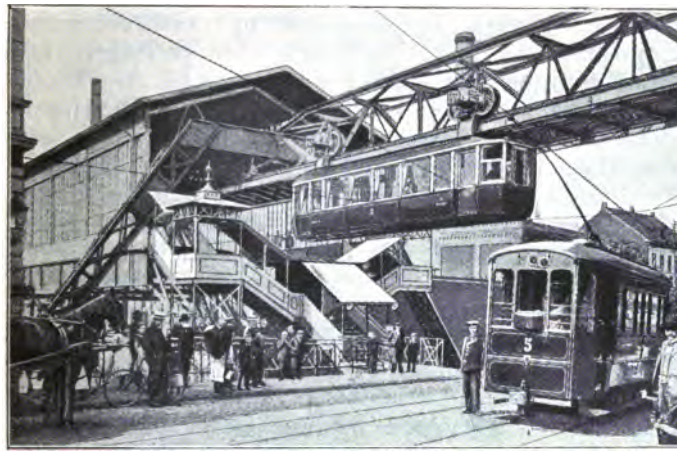


Fig. 122. Schwebebahn.

Breite hat, so wurde die am 1. März 1901 eröffnete Teilstrecke von 4·5 *km* Länge von Elberfeld bis zum zoologischen Garten mit Genugtuung begrüßt. Am 24. Mai desselben Jahres konnte bereits die Verlängerung bis Vohwinkel eröffnet werden. Im Laufe des Jahres 1902 wurde die Strecke von 5 *km* Länge nach Barmen fertiggestellt, so daß jetzt die gesamte Länge 13·3 *km* beträgt; hiervon liegen 3 *km* in den Straßen, der Rest über dem Wuppertal. Die Anlage stellt also eine zweigeleisige Hochbahn nach dem einschienigen

Schwebebahnsystem von Eugen Langen dar, welcher bereits im Jahre 1893 auf den Fabrikshöfen von van der Zypen und Charlier in Deutz eine Versuchsstrecke gebaut hatte, es ist später auch eine Bergbahn nach ähnlichem System in Loschwitz bei Dresden errichtet worden und seit dem Mai 1901 in Betrieb.

Da jedes Geleise nur eine Schiene erfordert, wurde die ganze Tragkonstruktion außerordentlich vereinfacht und die Herstellungskosten verringert. Die Stützentfernung der Joche beträgt 33 *m*, das Eisengewicht auf 1 *m* Viadukt ist etwa 1100 *kg*. Die Hauptgeleise haben auf freier Strecke Krümmungen von 75 *m* Halbmesser in der Nähe von Bahnhöfen von 30 *m* und in Nebengeleisen sogar von 8 *m* Krümmungshalbmesser. Die Erfahrungen des bisherigen Betriebes bestätigen vollauf die Vorteile und Annehmlichkeiten dieses Systems. Der Stromverbrauch der Wagen ist verhältnismäßig niedrig, was sich durch geringe Reibungsarbeit der Fahrzeuge erklärt. Die Wagen haben 50 Sitz- und Stehplätze, wiegen 5 Tonnen in besetztem Zustande und fahren in Abständen von 4 Minuten. Die zugelassene höchste Geschwindigkeit ist 30 *km* in der Stunde, man beabsichtigt jedoch demnächst auch schneller zu fahren.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Schwebebahnen sich möglicherweise als Schnellbahnen der Zukunft ausbilden lassen, so daß man mit Geschwindigkeiten von 200—250 *km* die Stunde vielleicht später fahren kann.

Die elektrische Hoch- und Untergrundbahn von Siemens & Halske in Berlin.

Schon zu Zeiten, als die die nördlichen Stadtteile Berlins durchziehende Stadtbahn vom Schlesischen Bahnhof nach Charlottenburg im Bau begriffen war,

plante der verstorbene Herr Dr. Werner Siemens, eine elektrische Hochbahn zu bauen, welche hauptsächlich den Süden der Stadt mit der Stadtbahn in Verbindung bringen sollte. Dieses Projekt hat im Laufe der Jahre durch verschiedene Verhältnisse und Wünsche von Behörden zahlreiche Wandlungen durchgemacht und ist nunmehr, wenn auch in veränderter Form, seiner Vollendung nahegerückt. Die Firma Siemens & Halske hat im Osten, an der Stadtbahnhaltestelle »Warschauerbrücke« beginnend, eine Hochbahn erbaut, welche über die Oberbaumbrücke (Fig. 123) durch die Skalitzer- und Gitschinerstraße, am Görlitzer Bahnhof vorbei nach dem Halleschen Tor führt, von hier aus den Landwehrkanal (Fig. 124) verfolgt und nach Überschreitung der Anhaltischen Bahn einesteils nach dem Potsdamer Bahnhof und anderseits, die Geleise der Potsdamer Bahn überschreitend, durch die Bülowstraße nach dem Nollendorfplatz sich verzweigt. Hinter diesem Platz senkt sie sich in einer Rampe nach der Untergrundbahn herab, die als Unterpflasterbahn (Fig. 125) bei der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche vorbei, unter dem Bahnhof Zoologischer Garten hindurch durch die Hardenbergstraße führt und nach dem Innern Charlottenburgs hinein fortgesetzt werden soll. Außerdem ist die Hochbahn von der Warschauer Brücke bis zum Städtischen Viehhof als Flachbahn verlängert worden.

Die Kraftstation der Hochbahn (Fig. 126) liegt an der Trebbinerstraße, etwa in der Mitte der ganzen Strecke. Abweichend von der bisherigen Bauweise solcher Hochbahnen, die besonders in Nordamerika, in New York und Chicago, einen ganz nüchternen oder auch geradezu unästhetischen Charakter zeigen, hat die Firma Siemens & Halske erste Kräfte herangezogen, um sowohl die einzelnen Strecken der

Fig. 123. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

Hochbahn, als insbesondere auch die Haltestellen und Bahnhöfe möglichst architektonisch schön zu gestalten.

In der Nähe der Kraftstation ist zur Verbindung der verschiedenen, hier zusammentreffenden Richtungen, nämlich vom Halleschen Tor her, vom Potsdamer Bahnhof und von der Bülowstraße her ein Anschlußdreieck (Fig. 127) ausgebildet und zwar in der Weise, daß die von drei Richtungen hier zusammentreffenden Doppelgeleise durch Führung in verschiedener Höhe derartig verlaufen, daß keine Niveaukreuzungen stattfinden, wodurch Behinderungen und Gefahren im Betriebe vermieden werden und die ganze Bahnunternehmung eine größere Leistungsfähigkeit erhält. Die Züge können demnach ungehindert vom Halleschen Tor nach dem Potsdamer Bahnhof oder nach dem Nollendorfplatz fahren und anderseits vom Potsdamer Bahnhof sowohl, als vom Nollendorfplatz aus gleichfalls nach beiden Richtungen hin ungehindert die Endpunkte der Bahn erreichen. Neben den Geleisen der Potsdamer- und der Ringbahn senkt sich die Hochbahn, beim Anschlußdreieck beginnend, allmählich herab und endigt vorläufig am Potsdamerplatz in einer Untergrundstrecke, welche derartig ausgebaut ist, daß von hier aus später eine Fortsetzung der Unterpflasterbahn nach dem Innern der Stadt stattfinden kann. Der hier gelegene vorläufige Endbahnhof hat ein Auszuggeleise zum Umsetzen der ankommenden Züge und zwei Aufstellungsgeleise, zur Unterbringung von Reservezügen. Der Wagenschuppen und die Betriebswerkstätte befinden sich auf den Hochbahnanlagen an der Warschauerbrücke, ein zweiter Wagenschuppen ist in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Anschlußdreieck erbaut.

Die Hochbahn ist im allgemeinen aus Eisen konstruiert und ruht meistens auch auf eisernen Pfeilern.

Fig. 124. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

Nur in der Bülowstraße und auf dem Nollendorfplatz hat man teilweise steinerne Pfeiler zur Anwendung gebracht. Von dem Geleisedreieck in der Nähe des Potsdamer Bahnhofes führt eine Brücke von bedeutender Spannweite über die Geleise des Potsdamer Außenbahnhofes, die insofern interessant ist, als mit Rücksicht auf etwaige Veränderungen in den Staatsbahngeleisen die Brücke in der Mitte ein verschiebbares Joch hat, so daß ohne große Veränderungen je nach Bedarf das Joch nach der einen oder anderen Seite um eine gewisse Strecke verschoben werden kann. Kurz hinter dieser Bahnüberschreitung durchzieht die Hochbahn ein Haus am Dennewitzplatz (Fig. 128), welches zu diesem Zwecke durchbrochen und umgebaut wurde.[1])

Die Untergrundstrecken sind als Unterpflasterbahnen ausgebildet und liegen großenteils mit der Tunnelsohle etwa 3 *m* unter dem Grundwasserspiegel. Um die Sohle und Seitenwandungen des Tunnels aus Beton im Trockenen herstellen und durch eine dreifache Schicht von Asphaltpappe zur späteren Abhaltung des Grundwassers abdichten zu können, mußte das Grundwasser während des Baues durch Pumpwerke bis zur Sohle des Tunnels gesenkt werden. Auf den Seitenwänden des Betonmauerwerks ruhen eiserne Träger, welche mit flachen Betonkappen eingewölbt sind.

In dem Kraftwerk an der Trebbinerstraße sind zunächst drei Dampfdynamos (Siemenssche Innenpolmaschinen) von je 900 PS. normaler Leistung aufgestellt. Die Normalspannung am Schaltbrett beträgt etwa 750 Volt. Die Maschinen leisten jede über 1000 Ampère. Es ist Raum für zwei weitere Maschinen

[1]) Nach »Elektrot. Mitteilungen«, 1901, Heft 8. — Ausführliche Abbildungen und Beschreibungen findet man in Bd. 46 der »Zeitschrift d. Ver. Deutscher Ingenieure«, sowie in der »Deutschen Bauzeitung«, 1901.

Fig. 125. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

von je 1300 PS. vorgesehen und kann das Maschinenhaus durch Ankauf des Nachbargrundstückes noch um zwei weitere Maschinensätze von je 2500 PS. erweitert werden.

Die Stromzuführung für die fahrenden Züge geschieht durch die seitlich neben den Geleisen verlegte Kontaktschiene, während zur Rückleitung die Fahrschienen dienen. Die Geleise sind auf imprägnierten Holzschwellen verlegt, die in den Gefällestrecken noch besonders gegen etwaiges Wandern gesichert sind. Um das störende Geräusch, wie es andere Hochbahnen haben, beim Fahren der Züge zu vermeiden, sind die Holzschwellen zum Teile direkt in ein Schotterbett gelagert, zum andern Teil auf eisernen Querträgern des Viaduktes, wobei zwecks Schalldämpfung auf den zwischen den Querträgern gespannten Tonnenblechen eine aus Bimsbeton hergestellte Decke mit darauflagernder Kiesschüttung zur Anwendung gelangte. Außerdem ist der übliche stumpfe Stoß der Fahrschienen durchaus vermieden. Durch den angewendeten, kontinuierlich wirkenden Wechselsteg-Verblattstoß wird, wie Versuche bereits gezeigt haben, ein äußerst sanftes und tunlichst geräuschloses Fahren erreicht. Die Bahnsteige liegen in der Höhe des Fußbodens der Wagen, so daß Ein- und Aussteigen schnell und ohne Störung von statten gehen können.

Die Franz Josef-Elektrische Untergrundbahn.

Ein wesentliches Glied in der Kette der elektrischen Bahnen in Budapest bildet seit 1896 die Franz-Josef-Elektrische Untergrundbahn.

Die Herstellung einer Straßenbahn aus dem Innern der Stadt nach dem Stadtwäldchen unter Benützung der Andrássystraße ist seit der Fertigstellung dieser Straße wiederholt erörtert worden und bildete schon

Fig. 126. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

vor mehr als zehn Jahren den Gegenstand amtlicher Verhandlungen.

Der ursprüngliche Plan, eine Pferdebahn in der Andrássystraße zu erbauen, wurde schon im Jahre 1882 von dem Minister abgelehnt und damit ein für alle Mal aufgegeben.[1])

Erst mehrere Jahre später, nach dem günstigen Erfolge der von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft seit 1887 in Budapest ausgeführten und betriebenen elektrischen Bahnen mit unterirdischer Stromleitung trat man wieder dem Unternehmen näher, in der Andrássystraße eine Bahn zu bauen und zwar eine elektrische Straßenbahn mit unterirdischer Stromzuführung.

Die Budapester Elektrische Stadtbahn A.-G. und die Budapester Straßeneisenbahn-Gesellschaft überreichten am 18. Februar 1893 in einer gemeinschaftlichen Eingabe den Behörden einen derartigen Entwurf. Obwohl der Gemeinderat und der Magistrat denselben günstig aufnahmen, wurde auch dieser Entwurf einer elektrischen Bahn vom hauptstädtischen Baurat und vom Minister des Innern abgelehnt und zwar seitens des letzteren mit der Begründung:

»Die Andrássystraße sei schon ursprünglich derart geplant, daß die Herstellung einer Straßenbahn als ausgeschlossen betrachtet werden müsse. Die Andrássystraße habe sich, den Absichten ihres Schöpfers entsprechend, zu einer Lieblingspromenade der Bevölkerung entwickelt; übrigens nehmen nicht nur der Wagenverkehr, sondern auch der Fußgängerverkehr zeitweise solchen stets wachsenden Umfang an, daß es schon derzeit, besonders bei dem Endpunkte der Straße und vor dem Opernhause, Schwierigkeiten verursache, welche in unerträglicher Weise gesteigert werden

[1]) Nach »Elektrotechnischer Zeitschrift« 1897. Heft 36. Vortrag des Reg.-Baumeisters Braun.

Fig. 127. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

würden, wenn noch ein Straßenbahnverkehr hinzukäme.« Zum Schlusse erklärte der Minister in seinem Erlasse, daß der Plan einer Straßenbahn auf der Andrássystraße als endgültig abgelehnt zu betrachten sei.

Nach dieser Entscheidung mußte die elektrische Straßenbahn in der Andrássystraße aufgegeben werden.

Dies hatte zur Folge, daß sich jetzt die beiden Straßenbahn-Gesellschaften mit einem von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft ausgearbeiteten Entwurf einer Untergrundbahn befaßten, welche vom Gisela-platz ausgehend, unter dem Waitzner-Ring und unter der Andrássystraße entlang nach dem Stadtwäldchen führen sollte, und am 2. Jänner 1894 den Entwurf dieser Untergrundbahn bei den Gemeindebehörden einreichten.

Da die elektrische Untergrundbahn im Falle ihrer Genehmigung unter allen Umständen bis zur Millenniumsausstellung im Jahre 1896 fertiggestellt werden sollte, war eine Beschleunigung der Verhandlungen und eine rasche Erledigung aller Eingaben dringend notwendig.

Es ist dem überaus entgegenkommenden Verhalten der zuständigen Behörden zu danken, daß schon am 13. August 1894 der Bau der Bahn in Angriff genommen werden konnte.

Die nachstehenden Angaben zeigen, in welcher raschen Folge diese Angelegenheit seitens der Behörden erledigt wurde:

Das Unternehmen wurde bei der Stadtgemeinde am 12. April 1894 in der Eisenbahnkommission, am 18. April in der Finanzkommission und am 25. April im Gemeinderat selbst behandelt und genehmigt. Dann wurde der Entwurf im hauptstädtischen Baurate am 2. Mai beraten. Hierauf fand am 15. Mai auf Grund der eingereichten Pläne die administrative Begehung der Bahn statt und am 30. Mai im königlich unga-

Fig. 128. Hoch- und Untergrundbahn (Berlin).

rischen Handelsministerium die Konzessionsverhandlung. Am 9. August 1894 erfolgte die Konzession.

Außerdem wurde behufs raschester Erledigung aller den Bau der Untergrundbahn betreffenden Angelegenheiten seitens des Handelsministers eine gemischte Kommission eingesetzt, deren Aufgabe darin bestand, die beschleunigte Ausgabe der behördlichen Genehmigungen vorzubereiten und die Bauausführung, sowie die richtige Einhaltung der festgesetzten Frist zu überwachen.

Die elektrische Untergrundbahn beginnt im Innern der Stadt in der Nähe des Donaukais, unter der Redoutengasse und führt unter dem Giselaplatz, unter der Dreißigstraße, unter dem Franz Deák-Platze und dem Waitzner-Ring entlang bis zum Beginn der Andrássystraße; ferner unter der ganzen Andrássystraße entlang bis zum Stadtwäldchen als Unterpflasterbahn, steigt dann an die Oberfläche hinauf und endigt im Stadtwäldchen in der Nähe des Artesischen Bades.

Sie hat bei 3700 *m* Länge, elf Haltestellen, an welchen die Fahrgäste aufgenommen und abgesetzt werden können. Sie ist außerdem nicht als Tunnel, wie die Stadtbahn in London, ausgeführt, sondern als sogenannte Unterpflasterbahn mit flacher, unmittelbar unter dem Pflaster liegender Decke. Von den Haltestellen liegen neun unter dem Straßenpflaster im Tunnel, zwei dagegen sind in der Oberfläche des Stadtwäldchens ausgeführt.

Von der einen Haltestelle im Stadtwäldchen aus besitzt die Untergrundbahn in Straßenhöhe eine Geleisverbindung mit ihrem Betriebsbahnhofe in der Arenastraße, woselbst ein Reinigungsschuppen zur Reinigung und Instandhaltung der Wagen errichtet ist.

Die Untergrundbahn hat die normale Spurweite von 1435 *mm* erhalten; ihre größte Steigung beträgt 20‰, der kleinste Krümmungshalbmesser 40 *cm*.

Der Querschnitt des Tunnels ist zweiteilig, indem zwischen den beiden Geleisen eine Säulenreihe steht. Dem entsprechend besteht die Sohle des Tunnels aus zwei nebeneinander sich erstreckenden Sohlengewölben mit dazwischen liegendem durchlaufendem Unterbau für die Säulenreihe. Die beiden senkrechten Seitenwände sind je 1 *m* stark und in ihrem oberen Teile allmählich auf 0·65 *m* abgeschwächt. Die Decke ist wagerecht aus Walzeisen und dazwischen eingebauten Kappen hergestellt. Der Tunnel hat eine lichte Weite von 6 *m* und eine lichte Höhe von 2·75 *m*. Das Maß für die Höhe wurde durch die Lage des Hauptrezipienten auf der großen Ringstraße am Oktogonplatz bedingt, welcher von der Untergrundbahn überfahren wird.

In den Stationen der Stadtbahn sind entsprechende Erweiterungen des Tunnelquerschnittes bis zu 6·8 *m* Breite ausgeführt.

Der erste Aushub fand in der Weise statt, daß der Tunnel in seiner ganzen Breite gleichzeitig ausgeschachtet wurde. Alsdann wurden zuerst die Seitenwände und hierauf die Sohle des Tunnels ausschließlich aus Beton hergestellt. Hierauf wurde die Decke ausgeführt.

Die große Breite der Andrássystraße gestattete die Ausführung des Tunnels im Tagebau, da neben der Baugrube für den Tunnel noch eine genügende Straßenbreite für den übrigen Straßenverkehr verbleiben konnte.

Wäre dies nicht der Fall gewesen, so würde man in folgender Weise vorgegangen sein:

Man hätte zuerst die beiden Tunnelwände nacheinander im Tagebau ausgeführt, während der Tunnelkern und die Sohle schließlich unter der fertigen Decke ausgehoben und das Sohlengewölbe zum Schluß zwischen beiden Tunnelwänden eingespannt worden

wäre. Das Einbauen der Tunnelstrecke würde dann auf solchen Strecken, wo am Tage der Verkehr nicht eingeschränkt werden darf, stückweise des Nachts erfolgen, derart, daß der Verkehr am Tage auf einer vorläufigen Abdeckung mit einem Bohlenbelag wieder hinübergeleitet werden kann.

Auf diese Weise wurde bei der Ausführung der Untergrundbahn in Glasgow unter Anwendung elektrisch betriebener Pumpwerke verfahren. Dieser Vorgang hat sich dort bei sehr schwierigen Bodenverhältnissen als durchaus zweckmäßig bewährt.

Die Sohle und die Seitenwände des Tunnels sind ausschließlich aus Beton ausgeführt, die Decke mit Betonkappen hergestellt. Der Beton wurde aus Portlandzement und frischgebaggertem Donauschotter hergestellt.

Die Decke besteht aus eisernen Walzträgern von 300, 320 und 350 *mm* Höhe und dazwischen betonierten Kappen von 1 *m* Spannweite. Die in demselben Abstande befindlichen Querträger lagern mit ihren Enden auf den betonierten Seitenmauern und in der Mitte auf Doppellängsträgern von 320 und 350 *mm* Höhe, welch letztere von den schmiedeeisernen Säulen in Abständen von 3 und 4 *m* unterstützt werden.

Sämtliche Träger der Decke sind einfache Profileisen, welche fertig zur Baustelle gekommen sind und dort nur verlegt und verschraubt wurden. Es entfielen damit bei der Herstellung der Decke des Tunnels alle Montierungs- und Nietarbeiten, welche nicht nur zeitraubend, sondern auch für die Nachbarschaft störend gewesen wären. Nur die Säulen, welche ursprünglich aus Gußeisen gedacht waren, mußten genietet werden. Sie kamen jedoch fertig zur Baustelle und wurden dort nur aufgestellt.

Um die Eisenteile der Tunneldecke gegen etwa eindringende Feuchtigkeit und gegen das Rosten zu schützen, wurde die Decke des Tunnels mit Asphalt-

filzplatten abgedeckt. Auf der Strecke im Grundwasser kam eine Asphaltplatten-Abdeckung über dem Fundamentbeton der Sohle des Tunnels zur Ausführung, zum Schutz gegen etwa eindringendes Grundwasser.

Die Haltestellen der Untergrundbahn wurden, wie die meisten Haltestellen der Stadtbahn in New York und London, derart angeordnet, daß im Tunnel beiderseits außerhalb der Geleise je ein Bahnsteig von 3—8 *m* Breite und 24—32 *m* Länge, je nach der Bedeutung der Haltestelle, angelegt wurde.

Jeder Bahnsteig dient also, ebenso wie das Geleise, nur für die eine Fahrtrichtung. Jeder Bahnsteig ist durch eine Treppe von dem nächsten Bürgersteig der Straße aus zugänglich gemacht. Die Breite der Treppe beträgt 1·90 und 2·5 *m*. Nur 19 bis 24 Stufen sind zwischen dem Bahnsteig der Haltestelle und dem Bürgersteig der Straßen erforderlich, also nicht einmal die Höhe des Stockwerkes eines gewöhnlichen Wohnhauses. Die Wände der Haltestellen sind mit weißen Majolikaplatten verkleidet und mit braunen Einfassungen versehen worden. Die Haltestellen, welche zum Teil Licht von der Straße her erhalten, sind im Inneren elektrisch beleuchtet und machen einen äußerst freundlichen Eindruck. Die Treppenhäuschen der Haltestellen am Giselaplatz und Oktogonplatz sind besonders reich in Pyrogranit mehrfarbig ausgeführt. Die übrigen Treppenhäuschen sind einfacher, in Eisenfachwerk mit Verkachelung aus in matten Farben hergestellten Platten errichtet worden. Nur die beiden Treppenöffnungen der Haltestelle »Oper« wurden überhaupt nicht überbaut, weil man die Ansicht des Opernhauses durch davor zu errichtende Treppenhäuschen nicht verdecken wollte. Diese Treppenöffnungen sind aus diesem Grunde mit niedrigen Brüstungen als Kalkstein eingefaßt worden.[1])

[1]) Die Tunnels in Berlin sind in ganz ähnlicher Weise bei der Siemensschen Bahn ausgeführt.

Der Oberbau der Untergrundbahn besteht aus Vignolschienen mit versetzten Stegen und Verblattstoß auf eisernen Querschwellen. Die Befestigung der Schienen auf den eisernen Querschwellen erfolgt unter Anwendung der Haarmannschen Hakenplatte mit je einer Schraube. Die Schiene ist 115 *mm* hoch und wiegt 24·2 *kg* für den laufenden Meter. Die eisernen Schwellen sind in ein Doppelbett verlegt. Mit diesem Oberbau wird ein nahezu stoßfreies Fahren erreicht, was nicht nur zur Annehmlichkeit der Fahrgäste dient, sondern auch für die Wagenmotoren von großem Vorteil ist.

Die Maschinenanlage zum Betriebe der Untergrundbahn wurde, wie schon oben erwähnt, im Anschluß an die bestehende Maschinenanlage der Budapester elektrischen Stadtbahn, welche den Betrieb der Untergrundbahn führt, errichtet.

Der Dampf wird von 4 Stück Wasserrohrkesseln von je 267 m^2 Heizfläche erzeugt. Die im Maschinenhause für die Untergrundbahn arbeitenden beiden Verbunddampfmaschinen mit Kondensation treiben je eine Innenpol-Dynamomaschine unmittelbar an. Die Dynamomaschine leistet bei 300 V dauernd 1100 A, liefert aber auch zeitweise Strom bis zu 1400 A.

Von dem Schaltbrett der Stromerzeugungsanlage führen nach der nächstgelegenen Haltestelle »Oktogonplatz« der Untergrundbahn mit Eisenband gepanzerte Bleikabel, welche in die Straßen eingebettet sind, und zwar besondere Kabel für den Betrieb der Wagen, für die Beleuchtung der Haltestellen und die Lichtblocksicherungseinrichtung, sowie für den Fernsprechverkehr. Es sind durchweg, also auch für die Arbeitsleitungen längs der Geleise isolierte Hin- und Rückleitungen angewendet worden, um in der Stromerzeugungsanlage die Maschinen zum Betriebe der Untergrundbahn und die Maschinen zum Betriebe der mit unterirdischer Stromleitung ausgerüsteten Stadtbahn parallel schalten

zu können. Die Schienen der Bahn werden also nicht als Rückleitung benutzt.

Die sämtlichen Leitungsanlagen der Untergrundbahn sind im Tunnel an der Decke desselben und auf der anschließenden offenen Strecke an von Säulen getragenen Querdrähten aufgehängt. Als Arbeitsleitungen für die Stromabnahme dienen im Tunnel 50 *mm* hohe Grubenbahnschienen und längs der offenen Bahn 10 *mm* starke Hartkupferdrahtleitungen. Die Speiseleitungen längs der Untergrundbahn, welche die Fortsetzung der Kabelzuleitungen bilden, sind als blanke Kupferseile im Tunnel aufgehängt worden.

Besondere Erwähnung verdient noch die Sicherungsanlage dieser Bahn.

Die Wagen dürfen, laut behördlicher Vorschrift, in keiner kleineren Entfernung einander folgen, als der Abstand der Haltestellen beträgt. Um dieser Vorschrift entsprechen zu können, sind am Ausfahrtsende an den Stirnwänden der Haltestellen Lichtblocksignale angeordnet worden, welche in sinnreicher Weise von dem Wagen selbsttätig aus- und eingeschaltet werden. Zu diesem Zwecke ist bei der Ausfahrt aus jeder Haltestelle neben den Geleisen ein Umschalter angebracht, welcher von einem an dem hinteren Ende eines jeden Wagens angebrachten Tasteisen betätigt wird. Sobald ein Wagen aus der Haltestelle heraus den Umschalter befährt, zeigen die Glühlampen des Signals an der Ausfahrt rotes Licht, decken also den ausgefahrenen Wagen, während in der zurückliegenden Haltestelle gleichzeitig weißes Licht erscheint, zum Zeichen, daß die Strecke bis zur soeben verlassenen Haltestelle frei ist. In der nun nach vorn liegenden Haltestelle wird neben dem eigentlichen Signallicht eine kleine rote Kontrollampe sichtbar als Ankündigung, daß ein Wagen unterwegs ist und in die Haltestelle demnächst einfahren wird. Infolge dieser Einrichtung sind die Wagen,

da rotes Signallicht »Halt« und weißes Signallicht »Freie Fahrt« bedeutet, gezwungen, wenigstens in Entfernungen der Haltestellen zu fahren. Außerdem ist jeder Bahnsteigwärter in der Lage, aus den Lampen der Signaleinrichtungen zu ersehen, ob sich ein Wagen auf der Strecke zwischen den benachbarten Haltestellen und seiner eigenen befindet oder nicht.

Im Falle einer Störung in der Lichtblockanlage muß das Telephon zur Signalisierung der Wagen benutzt werden. Zu diesem Zwecke hat jede Haltestelle ein Telephon und man kann von jeder Haltestelle aus unter Vermittelung der Telephonzentrale in der Stromerzeugungsanlage mit jeder beliebigen Haltestelle der Untergrundbahn sprechen. Außerdem können die Endbahnhöfe der Bahn unmittelbar, d. h. ohne Vermittelung der Zentrale, mit dem Betriebsbahnhofe sprechen, woselbst sich der Wagendienst abwickelt.

Die Wagen der Untergrundbahn sind als Drehgestellwagen ausgeführt. In jedem Drehgestell ist ein Elektromotor eingebaut, welcher eine Achse antreibt. Die Entfernung der Drehzapfen beträgt 8 *m* und die Länge zwischen den Buffern 11 *m*. Die Breite des Wagens ist 2·35 *m*. Jeder Wagen hat 26 Sitz- und 14 Stehplätze. An den Wagenenden sind kleine Räume für den Wagenführer und die Schaltvorrichtungen vorgesehen. Im ganzen sind 20 Wagen vorhanden. Es können gleichzeitig 14 Wagen als Einzelwagen verkehren, welche dann einen Betrieb mit einer Wagenfolge von zwei Minuten ergeben. Von den 20 Wagen sind 10 Stück mit zweipoligen Motoren und Doppelkettenantrieb ausgerüstet und 10 Wagen mit vierpoligen Motoren, welche um die vordere Achse der Drehgestelle gebaut sind. Das Eigengewicht eines Untergrundbahnwagens beträgt 15 *t*.

Der Betrieb der Untergrundbahn wurde am 2. Mai 1896 eröffnet. Die Fahrkartenausgabe ist die

bei den Stadtbahnen übliche. Beim Eintritt auf einen Bahnsteig wird die Fahrkarte gelöst und beim Verlassen der Bahn wieder abgegeben. Jeder Wagen wird außer von dem Wagenführer noch von einem Schaffner begleitet.

Die elektrische Zahnradbahn in Barmen.

Die Bahn beginnt auf dem inmitten der Stadt gelegenen Grundstück Cleverstraße 36/38, übersetzt auf einer zirka 20 *m* langen und 9 *m* breiten eisernen Überführung die Bergisch-Märkische Staatsbahn und biegt, nachdem sie die Kampstraße im Niveau gekreuzt, in die sehr steile Luisenstraße (1 : 5·4) ein, kreuzt die Gewerbeschulstraße, durchläuft die etwa 400 *m* lange Luisenstraße und tritt alsdann, nachdem sie noch die Lichtenplatzerstraße im Niveau überschritten, in den Barmerwald ein.

Die Bahn schwenkt im weiteren Verlaufe mit einer Kurve von 250 *m* Radius von der Achse der Luisenstraße ab und endigt auf der Höhe des Bergkammes unweit des Toelleturms.

Unmittelbar an die elektrische Zahnradbergbahn schließt sich eine Schmalspur-Adhäsionsbahn mit Lokomotivbetrieb an, welche eine Verbindung mit der Ronsdorf-Müngstener Eisenbahn herstellt, so daß die meist besuchten Ausflugsorte: die Talsperre bei Remscheid, die Viadukte bei Müngsten, Schloß Burg u. s. w., von Barmen schnell und bequem erreicht werden können.

Die Gesamtlänge der elektrischen Zahnradbahn beträgt 1630 *m*. Die untere Station liegt auf 159·66 NN. etwa 5·40 *m* über der Cleverstraße, die obere Station auf 329·20 *m*, mithin beträgt die erstiegene Höhe rund 170 *m*, die mittlere Steigung ist daher $\frac{170}{1630}$, das ist rund 1 : 10. Die stärkste Steigung (Luisenstraße) ist

1:5·4 und 1:7·2. Der geringste Kurvenradius am Übergang in der Luisenstraße beträgt 150 *m*, die Kurve im Barmerwald hat 250 *m* Radius.

Außer den beiden Endstationen, die in den Horizontalen liegen, befindet sich eine Haltestelle oberhalb der Lichtenplatzerstraße bei Station 5+20 *m* und eine solche in der Nähe der Kohlenstraße bei Station 11+50 *m*. Die Bahn ist durchweg zweigeleisig und hat eine Spurweite von 1 *m*. In der Mitte jedes Geleises ist die Zahnstange Riggenbach'scher Konstruktion angeordnet (Teilung 75 *mm*, Abstand der Wangeneisen 90 *mm*, Länge der Zahnstangenstücke 3 *m*). Für den in der Straße gelegenen Teil der Bahn gelangten Rillenschienen (Phönix), für die freie Strecke Vignolschienen zur Verwendung; Schienen und Zahnstange sind auf eisernen Querschwellen, deren Abstand durchgängig 1 *m* beträgt, gelagert. Um Abrutschen, beziehungsweise Talwärtswandern des gesamten Gestänges zu verhindern, sind die Schienen sowohl wie die Zahnstange mit Fußstützen, welche hinter die Schwellen greifen, versehen. In Abständen von 30 bis 40 *m* sind je zwei Schwellen auf tief fundierten kräftigen Widerlagsmauern verankert. Die Schienen von 9 *m* Länge sind mit ruhenden Stößen verlegt, während die Zahnstange schwebende Stöße erhalten hat.

Zur Umsetzung der Wagen in den beiden Endstationen dienen versenkte Schiebebühnen, die mittels Elektromotoren angetrieben werden. Diese Bühnen werden von dem Fahrpersonal der Wagen gehandhabt, so daß besondere Bedienungsmannschaften für das Umsetzen der Wagen nicht erforderlich sind.

Als Betriebsmittel sind zunächst nur Personenwagen eingestellt, dieselben bieten Sitzplätze für 28 Personen und Stehplätze für 8—10 Personen. Die Länge der Wagen beträgt 8 *m*, die größte Breite derselben 2·450 *m*; der Wagenkasten ist 6·12 *m* lang und

2·15 *m* breit. Der Wagen hat vier Abteile, von denen die beiden mittleren von der Seite, die beiden äußeren von den Plattformen zugänglich sind. Jeder Wagen hat zwei Laufachsen mit je einem auf diesen gelagerten und in die Zahnstangen eingreifenden Zahnrade und zwei unabhängig von einander wirkende vierpolige Elektromotoren von je 60 PS. Leistung, die mittels Zahnradübersetzung auf je ein Zahnstangenrad wirken. Jede Achse beziehungsweise jedes Zahnrad ist mit einer selbständigen Bremsvorrichtung ausgerüstet. Beide Bremsen können von jeder Endplattform aus durch je eine Handkurbel mittels Schraubenspindel angezogen werden. Ferner ist unter dem Wagen eine selbsttätige Bremse angebracht, welche den Wagen unabhängig vom Führer feststellt, sobald eine bestimmte, genau zu regulierende Geschwindigkeit (etwa 2 *m* per Sekunde) überschritten wird. Die hierzu erforderliche Bremskraft ist aufgespeichert in einer gespannten Feder, deren Hemmung durch einen Zentrifugalregulator ausgelöst wird, sobald die zulässige Geschwindigkeit überschritten wird und die alsdann beide Bremsen feststellt. Drittens haben die Wagen noch eine mechanische Sicherheitsbremse und zwar für den Fall, daß beide Zahnstangenräder gleichzeitig brechen sollten. Diese Bremse ist eine sogenannte Keil- oder Schlittenbremse und besteht aus schmiedeeisernen Schuhen, die sich bei der Bremsung vor die Laufräder legen und dem Wagen ein Auflaufen auf die Schuhe gestatten. Die Reibung zwischen den breiten Schuhen und den Schienen verhindert dann ein Herabrollen des Wagens.

Diese Sicherheitsbremse kann von jedem Perron aus durch den Wagenführer in Tätigkeit gesetzt werden.

Außer diesen drei mechanischen Bremsen besitzt der Wagen noch eine vierte elektrische Bremseinrichtung, welche den Zweck hat, die Wagen mit

einer gleichförmigen Geschwindigkeit bergab fahren zu lassen, ohne daß eine mechanische Bremse benützt wird. Um diese elektrische Bremsung zu erzeugen, werden die Motoren der Wagen bei der Talfahrt als primäre Maschinen derart geschaltet, daß sie Strom von derselben Spannung wie die stationäre Anlage erzeugen. Dabei werden von der mechanischen Arbeit, welche die bergab rollenden Wagen erzeugen, zirka 65% nutzbar in Strom umgesetzt, so daß von der für die Bergfahrt aufzuwendenden Stromarbeit etwa die Hälfte durch den talwärts fahrenden Wagen wiedergewonnen wird. Die stationäre Maschinenanlage hat demzufolge auch etwa nur die Hälfte der gesamten erforderlichen Stromarbeit zu liefern und kann daher verhältnismäßig geringe Größe erhalten. Da die Arbeit der zu Tal fahrenden Wagen nutzbar gemacht wird und nicht durch das Abschleifen von Bremsklötzen und Radreifen vernichtet zu werden braucht, so wird durch diese, hier zum ersten Male praktisch durchgeführte Betriebsart noch der große wirtschaftliche Vorteil erreicht, daß die bei anderen Bergbahnen unvermeidlichen hohen Kosten für die Unterhaltung der Bremsen und Radreifen hier tatsächlich sehr gering ausfallen.

Die Beleuchtung der Wagen erfolgt durch sechs elektrische Glühlampen, die direkt von den Hauptzuleitungen für die Wagen gespeist werden.

Die Zuleitung des elektrischen Stromes, dessen Spannung 550 Volt beträgt, erfolgt oberirdisch durch Kupferdrähte, die über der Mitte der Geleise, in etwa 5 *m* Höhe herlaufend, isoliert an quer über die Straße gespannten Drähten, aufgehängt sind. Die Querdrähte sind in der Straße an architektonisch durchgebildeten Mannesmannrohrsäulen, in der freien Strecke an Holzsäulen befestigt. Der mittels zweier auf dem Wagendach angebrachten Schleifbügel vom Fahrdraht entnommene Strom wird, nachdem er die Motoren des

Wagens durchlaufen und diese in Bewegung gesetzt hat, durch die Schienen zurück in die Zentrale geleitet. Da durch die Stoßverbindungen der Schienen eine rein metallische Berührung derselben nicht gewährleistet ist, sind die Schienen zur möglichsten Herabminderung des elektrischen Widerstandes durch Kupferdrähte an den Stößen gutleitend verbunden.

Die Maschinenanlage zur Erzeugung des zum Bahnbetriebe erforderlichen Stromes befindet sich in den Erdgeschoßräumen des unteren Bahnhofes. Zwei Verbundkondensationsmaschinen, von denen jede bei 165 Turen 200—250 PS. leistet, haben unter den Bahnviadukten Aufstellung gefunden. Zwei Innenpolringdynamos für 500 Volt Spannung sind mit den Dampfmaschinen direkt gekuppelt. Den erforderlichen Dampf von zehn Atmosphären Spannung liefern drei Wasserrohrkessel (Steinmüller) von je 181·7 m^2 Heizfläche. Einer dieser Kessel dient als Reserve. Für die Gewinnung des Kesselspeisewassers, sowie des Kühlwassers für die Kondensatoren, sind zwei Brunnen, einer im Hofe der Zentrale, der zweite im Bette der Wupper angelegt. Beide sind durch ein Heberohr miteinander verbunden. Das Speisewasser passiert vor seiner Verwendung einen Reinigungsapparat, sowie einen selbsttätig registrierenden Wassermesser.

Bei der teilweise bereits ausgeführten Erweiterung der Krafterzeugungsstätte können noch zwei Dampfmaschinen mit Dynamos, sowie zwei weitere Kessel Aufstellung finden.

Die Zentralstation versorgt nicht allein die Bergbahn mit elektrischem Strom, sondern gibt denselben auch zur Kraftleistung an Private ab. Sie liefert ferner den Strom für die im Laufe des Sommers 1894 ausgeführte, am 1. September 1894 in Betrieb gesetzte elektrische Straßenbahn, die von der Rathauserbrücke durch die Cleverstraße am Bahnhof der Bergbahn vor-

beiführend, über die Herzogbrücke und durch die Heckinghauserstraße verlaufend, den Stadtteil Heckinghausen mit dem Mittelpunkt der Stadt Barmen verbindet.

Diese Heckinghausener Linie ist eingeleisig mit Ausweichen angelegt, hat normale Spur und wird mit acht Wagen für je 28 Plätze, ähnlich den von der Firma Siemens & Halske für die elektrischen Straßenbahnen von Hannover und Dresden gelieferten, befahren.

Eine zweite Straßenbahn, die vom Marktplatze, unweit des Bergbahnhofs beginnend, nach dem Stadtteil Wichlinghausen führt, ist im Laufe des Sommers 1895 zur Ausführung gebracht. Auch für diese Linie, sowie für die Straßenbahn Barmen—Eberfeld liefert die von der Firma Siemens & Halske errichtete Krafterzeugungsstätte den Strom.

Schluß.

Wir haben in den voraufgegangenen Abschnitten die Einrichtung der elektrischen Straßenbahnen als Flachbahnen, Hoch- und Untergrundbahnen kennen gelernt und die am Ende des Werkes gegebenen Beschreibungen verschiedener, ausgeführter Anlagen werden dem Leser ein hinreichendes Bild der verschiedenartigsten Einrichtungen gewähren. Es sind jedoch noch besondere Tiefbahnen für großen Stadtverkehr in großen Städten im Gebrauch, die hier noch erwähnt sein mögen, da sie ja gleichfalls zur Vermittelung des Schnellverkehrs in den Straßen dienen. Auch den Industriebahnen ist noch ein kurzer Abschnitt gewidmet. Sie sind teilweise auch als Straßenbahnen angelegt.

Möge das Werk eine gleich freundliche Aufnahme finden wie meine zuvor herausgegebenen Bände.

Tiefbahnen.

Die bisher beschriebenen Anlagen von Untergrundbahnen, wie die in Berlin und Budapest, sind insofern leichter herzustellen, als sie in geringerer Tiefe als Unterpflasterbahnen angelegt werden konnten. In anderen Städten, wie z. B. in London, war dies nicht möglich, und man war gezwungen, in größerer Tiefe Tunnelbahnen als Röhrenbahnen zu bauen.

Seit langen Jahren sind mehrere unterirdische Dampfbahnen bereits im Betrieb, bei denen gemauerte

Tunnels für die Fahrbahn hergestellt sind, die bei den Stationen und teilweise auch auf der Strecke, wo es möglich ist, zutage treten. Die Anlage derselben war jedoch sehr kostspielig und der Verkehr genügte nicht mehr dem Andrange der Massen und vor allen Dingen auch nicht für den Verkehr nach gewissen Außendistrikten. Man hat daher eine größere Anzahl Röhrenbahnen hergestellt, wie z. B. von der Mitte der Stadt, der Bank in der City nach Shepperds Bush. Es ist dies die Central London Railway. Eine zweite Linie geht von derselben Stelle in der City ab nach Südwesten und endigt in Clapham. Es ist dies die City und South London Railway. Eine dritte Linie verbindet die Bank mit der Station Waterloo auf der anderen Seite der Themse. Außerdem ist noch die Linie von der Waterloo-Station über Charing Cross nach Baker Street im Bau begriffen und eine Reihe anderer Linien ist teils konzessioniert, teils im Projekt.[1])

Alle diese Bahnen sind durch pneumatische Gründung und bergmännischen Abbau durch Vertreiben von Stollen und einen besonderen Schild vor Ort hergestellt, indem man eiserne Rohre aus Flußeisen je nach dem Fortschreiten der Arbeit eingebaut hat, die etwa 1 *m* Länge haben und aus einer größeren Anzahl von Stücken durch Flanschen und Bolzen zusammengeschraubt sind. Für jedes Geleise ist für die zweigeleisige Strecke ein besonderer Röhrentunnel hergestellt, in welchem ganz ähnlich wie bei den Berliner und Budapester unterirdischen Bahnen, die Geleise angelegt wurden. Als Stromzuführung dient eine dritte Schiene in der Mitte der Geleise. Der Betrieb erfolgte zunächst durch besondere Lokomo-

[1]) Siehe »Proceeding of the Institution of Civilengineers, London 1900«. — »The Electrical Equipment of the Waterloo and City Railway« von Prof. R. M. Jenkin. Ferner: »The Central London Railway«. — »The British Thomson Honston Comp. Ltd., London 1898«. — »The Rapid Transit Problem in London« von Franc J. Sprague in »The Engineering Magazine«, Oktober 1901.

tiven[1]), deren hohes Gewicht jedoch zu unangenehmem Geräusch Veranlassung gab, so daß man jetzt wohl auch Motorwagen anwenden wird.

Die 8—12 *m* unter der Erdoberfläche beziehungsweise der Themse gelegenen Stationen sind sowohl durch Wendeltreppen, als auch durch große Aufzüge nach der Konstruktion von Sprague zugänglich. Jede Station ist mit 3—5 derartigen elektrischen Aufzügen ausgerüstet, von denen jeder 50—100 Personen fassen kann. Das Anhalten der Züge geschieht selbsttätig, das Anfahren durch den Fahrstuhlführer. Besonders die Central-London-Untergrundbahn ist insofern interessant, als sie die größte Linie von 11·93 *km* Länge bildet und in der Kraftstation mit sechs Drehstrommaschinen von je 850 Kilowatt Leistung ausgerüstet ist. Dieselben geben 5000 Volt Spannung, welche mit Transformatoren und rotierenden Umformern auf Gleichstrom umgeformt wird. Die Linie hat 13 Stationen und einen sehr lebhaften Verkehr.

Industriebahnen.

Eine besondere Art von Straßenbahnen bilden die Industriebahnen, die meistens nicht auf besonderen Bahnkörpern angelegt sind, sondern auf Feldwegen, Kunststraßen oder auch in den Stollen der Bergwerke angewendet werden. Entsprechend dem Zweck und dem Charakter dieser Bahnen ist ihr ganzer Unterbau leichter gehalten und auch die Spurweite meistens geringer als die Normalspur. Für gewöhnlich verwendet man 60 oder 75 *cm* Spurweite. Eine äußerst wichtige Rolle spielen z. B. diese Bahnen in Ziegeleien, Brennereien und besonders auch in den Zuckerfabriken,

[1]) Siehe auch Blondel et Dubois: »La Traction Électrique.« Band I und II. Paris 1898.

bei denen sie dazu gebraucht werden, die auf großen Feldflächen in langen Gruben aufbewahrten Rüben je nach Bedarf den Fabrikgebäuden zuzuführen. Da bei diesen verschiedenen Betrieben sehr oft Veränderungen der Geleise, Verschiebungen, Verlängerungen und dergleichen notwendig werden, so hat man besonders leicht transportable Geleise hergestellt und auch die dazu notwendigen Weichen und Drehscheiben in einfachster Form gestaltet. Die Geleise bestehen aus nur etwa *6 m* langen, durch Querverbindungen fest zusammengefügten Strecken, die je nach Bedarf aneinander gestoßen und durch Laschen verbunden werden. Um den Transport derartiger Geleise und die Anschaffungskosten zu erleichtern, sind auch die Schienen nicht so stark, wie bei den übrigen beschriebenen Bahnanlagen. Es sind gewöhnlich schwache Vignolschienen von 60—80 *mm* Höhe, wie sie z. B. von der Aktiengesellschaft, vormals Arthur Koppel in Bochum und Berlin, geliefert werden. Man verwendet derartige Schienengeleise auch für größere Erdbauten oder überhaupt für Bauausführungen, um das Material über das Gelände hinweg zu verteilen oder überschüssige Erde fortzuschaffen.

Als rollendes Material dienen hauptsächlich bei diesen kleinen Bahnanlagen sogenannte Kipp- oder Muldenkarren, bei denen der Behälter in einem muldenförmigen Kasten besteht, der an jedem Ende an einem oder zwei Stiften aufgehängt ist, so daß man je nach Bedarf den Behälter nach der einen oder der anderen Seite umkippen und seines Inhaltes entleeren kann.

Für die Anfertigung eines Kostenanschlages auf Grund eines Lageplanes, gibt der nachfolgende Fragebogen hinreichend Auskunft.[1])

1. Was für Material soll transportiert werden?

[1]) Aufgestellt von Arthur Koppel, nach Elektrischer Verkehrstechnik, Jena 1902.

2. Wie groß ist das tägliche Transportquantum in jeder Richtung und wieviel Arbeitsstunden ist es zu transportieren?

3. Wieviel Wagen sind bereits vorhanden?

4. Wie sind die Hauptangaben für die Wagen?

Type der Wagen?
Wageninhalt?
Wagengewicht?
Spurweite?
Radstand?
Länge des Untergestelles (einschließlich der Puffer)?
Höhe der Puffermitte über Schienenoberkante?
Breite des Untergestelles?
Länge des Wagenaufsatzes?
Breite des Wagenaufsatzes?

5. Wie ist das Terrain beschaffen, auf dem die Bahn angelegt werden soll (ob Acker, Wiese, Wald, Chaussee, Feldweg, gepflasterter Hof etc.)?

6. Ist durch eine Durchfahrt eine Maximalhöhe des Leitungsdrahtes vorgeschrieben und wie groß ist dieses Maß?

7. Ist durch einen Wegübergang oder durch den Verkehr von Erntewagen eine Mindesthöhe des Leitungsdrahtes vorgeschrieben und wie groß ist dieses Maß?

8. Wie sind die Hauptangaben für die Bahnstrecke?

Gesamtlänge?
Anzahl der Kurven?
Größe der Kurvenradien?
Steigungsverhältnisse?
Größte bergauf zu befahrende Steigung in Prozent?
Länge dieser Steigung?
Anzahl der Ausweichungen?
Anzahl der Kreuzungen?

9. Sollen vorhandene Geleise benutzt werden?
10. Wie sind die Hauptangaben für die Geleise?
    Gesamtlänge?
    Schienenhöhe?
    Schienenprofil (skizziert), beziehungsweise Gewicht der Schiene pro laufenden Meter?
    Holz- oder Stahlschwellen?
    Schwellenprofil und Anzahl der Schwellen pro Geleisrahmen?
    Länge der Geleisrahmen?
    Art der Stoßverbindung?
11. Findet ein Verlegen der Geleise statt und wie oft?
12. Soll eine vorhandene Dynamomaschine zur Stromerzeugung dienen?
13. Wie sind die Hauptangaben für diese Dynamomaschine?
    Spannung in Volt?
    Stromstärke in Ampère?
14. Soll eine vorhandene Kraftmaschine (Dampfmaschine, Turbine, Gasmotor etc.) zum Antrieb der Dynamomaschine dienen?
15. Wie sind die Hauptangaben für diese Kraftmaschinen?
    Zum elektrischen Betriebe abzugebende Leistung in effektiven Pferdestärken?
    Tourenzahl pro Minute?
    Durchmesser und Breite der Antriebsscheibe?
    Art der Maschine (liegende oder stehende, Einzylinder- oder Compound-Dampfmaschine, Steuerung etc.)?
16. Sollen vorhandene Kessel zur Dampferzeugung dienen?
17. Wie sind die Hauptangaben für diese Kessel?
    Dampfdruck in Atm. Abs.?
    Wasserberührte Heizfläche in Quadratmetern?

Art der Kessel (Cornwall- oder Wasserrohrkessel etc.)?

18. Wie groß ist die Länge der Speiseleitung, d. h. die Entfernung von der Dynamomaschine bis zum nächsten Punkt der Bahnstrecke?

19. Wieviel Meter der Speiseleitung sind durch geschlossene Räume zu führen, wieviel Meter im Freien zu verlegen?

20. Liegt die Maschinenstation an einem Ende der Bahnstrecke oder in welcher Entfernung hiervon liegt sie?

21. Soll die Dynamomaschine auch zur Beleuchtung oder zum Motorenantrieb dienen? Zur Zeit des Bahnbetriebes oder außerhalb dieser Zeit?

22. Wieviel Strom in Ampère wird hierfür benötigt oder wie ist die Anzahl der Glühlampen?

Anzahl der Bogenlampen?

Anzahl der Elektromotoren?

Leistung der einzelnen Elektromotoren in effektiven Pferdestärken?

Während man bisher diese Industriebahnen hauptsächlich mit Pferden betrieb, ist man in den letzten Jahren vielfach dazu übergegangen, auch diese Bahnen für elektrischen Betrieb einzurichten, und zwar meistens für Oberleitungsbetrieb.

Die Oberleitung wird entweder wie bei den Straßenbahnen an leichten hölzernen Masten mit Auslegern befestigt oder auch vielfach in der Mitte eines eisernen Bogens oben über der Straße angebracht, während der Bogen selbst aus Profileisen bestehend, unten an den eisernen Schwellen verschraubt oder vernietet ist. Der Querdraht, welcher für diesen Zweck meistens nur 3 *mm* stark gewählt wird, ist auf einer Trommel aufgerollt, die sich auf einem Drahtkarren oder auf einem Bock befindet. Je nach Bedarf wickelt man den Draht auf diese Trommel auf oder man schafft den Draht-

karren bei Verlängerung der Strecke weiter hinaus, rollt den Fahrdraht von der Trommel ab und befestigt ihn an den Drahtisolatoren. Auf diese Weise werden auch vielfach auf großen Landgütern die Produkte des Feldes nach den Vorratsräumen oder Vorratsgruben geschafft.

Da die größeren landwirtschaftlichen Betriebe heute bereits vielfach auch mit elektrischem Betrieb Dreschmaschinen, Reinigungsmaschinen etc. für das Getreide betreiben, Brennereien und Brauereien elektrische Beleuchtung haben, so macht es keine großen Schwierigkeiten, die elektrische Kraft auch für die kleinen Feldbahnen zu benutzen. Da diese Bahnen nur eine Kraft von 4—10 HP. gebrauchen und keine bedeutende Länge haben, so kann man sehr wohl mit einer Spannung von 110—120 Volt wie sie für Beleuchtung gebraucht wird, auch bei den Industriebahnen auskommen.

Wie vorteilhaft der elektrische Betrieb gegenüber dem Pferdebetrieb für Industriebahnen ist, zeigt die nachstehende Tabelle, in welcher der Pferdebetrieb mit dem elektrischen Betrieb einer Ziegelei verglichen ist, welche in 200 Tagen für das Jahr 10.000 m^3 Ton zu transportieren hatte, auf einer Länge von 1000 m mit Steigungen bis zu 1% und bei einer Spurweite von 50 cm.

Elektrischer Betrieb.

Als Stromquelle dient die vorhandene Lichtmaschine mit 110 Volt Spannung. Die Kraftanlage wird von Licht und Transport gleich stark beansprucht, so daß die Amortisation für beide Anlagen zur Hälfte zu verteilen ist. Die Fahrzeit ist 15 km in der Stunde und ergibt sich daher die Dauer für Hin- und Rückfahrt mit 5 Minuten Aufenthalt für das Rangieren

$$60 \cdot 2 : 15 = 8 + 5 = 13 \text{ Minuten.}$$

Die elektrische Lokomotive leistet 6 PS. bei einem Gewichte von 1500 *kg*. Bei der angegebenen Steigung zieht dieselbe drei voll beladene Kippwagen für je $^3/_4$ m^3 Inhalt. Es sind jedoch fortzuschaffen 10.000 : 200 = 50 m^3 oder 10·0 Tons Material. Da ein Wagen 1·5 Tons faßt, so sind täglich 100 : 1·5 × 3 = 21 Fahrten notwendig. Nach Bedarf wird gewöhnlich direkt in den Ziegelpressen entladen und hierzu drei Züge zu drei Wagen also neun Wagen gebraucht.

Betriebskostenberechnung:

a) **Unterhaltungskosten:**

1. des Oberbaues 2% von *M.* 2740·— *M.* 54·80
2. der elektrischen Streckenausrüstung 1% von *M.* 2155·— . . . . . *M.* 21·55
3. des rollenden Materials 3% von *M.* 4355·— . . . . . *M.* 130·65
4. der Zentralstation (zirka *M.* 5000·— Anschaffungskosten) die Hälfte von 2%, also 1% von *M.* 5000·— . . *M.* 50·—

Limitsumme *M.* 257·—

b) **Gehälter:**

5. des Lokomotivführers (200 Tage) . *M.* 700·—
6. der Hilfskraft für den Maschinisten *M.* 500·—

c) **Materialverbrauch:**

7. Energieverbrauch pro Tag 11·3 Kilowattstunden an der Dynamo, d. i. $\frac{11{\cdot}3 \,.\, 1000}{736 \,.\, 0{\cdot}87} = 17{\cdot}6$ Pferdestunden an der Dampfmaschine, also mit Zuschlag für Leerlauf der Dynamo, Anfahren und Bremsung etc. zirka 20 Pferdestunden. Kohlenverbrauch 20·2 = 40 *kg* Kohle, d. i. bei 200 Ar-

beitstagen 40 . 200 = 8000 *kg* Kohle
à 2 Pfennig im Mittel . . . . . *M.* 160·—
dazu für Anheizen zirka 10% . . *M.* 16·—

d) **Putz- und Schmiermaterial:**

8. für das rollende Material 1% von *M.* 4355·— . . . . . *M.* 43·55
9. für die Dynamo- und Dampfmaschine die Hälfte von 1% also ½% von *M.* 5000·— . . . . . *M.* 25·—

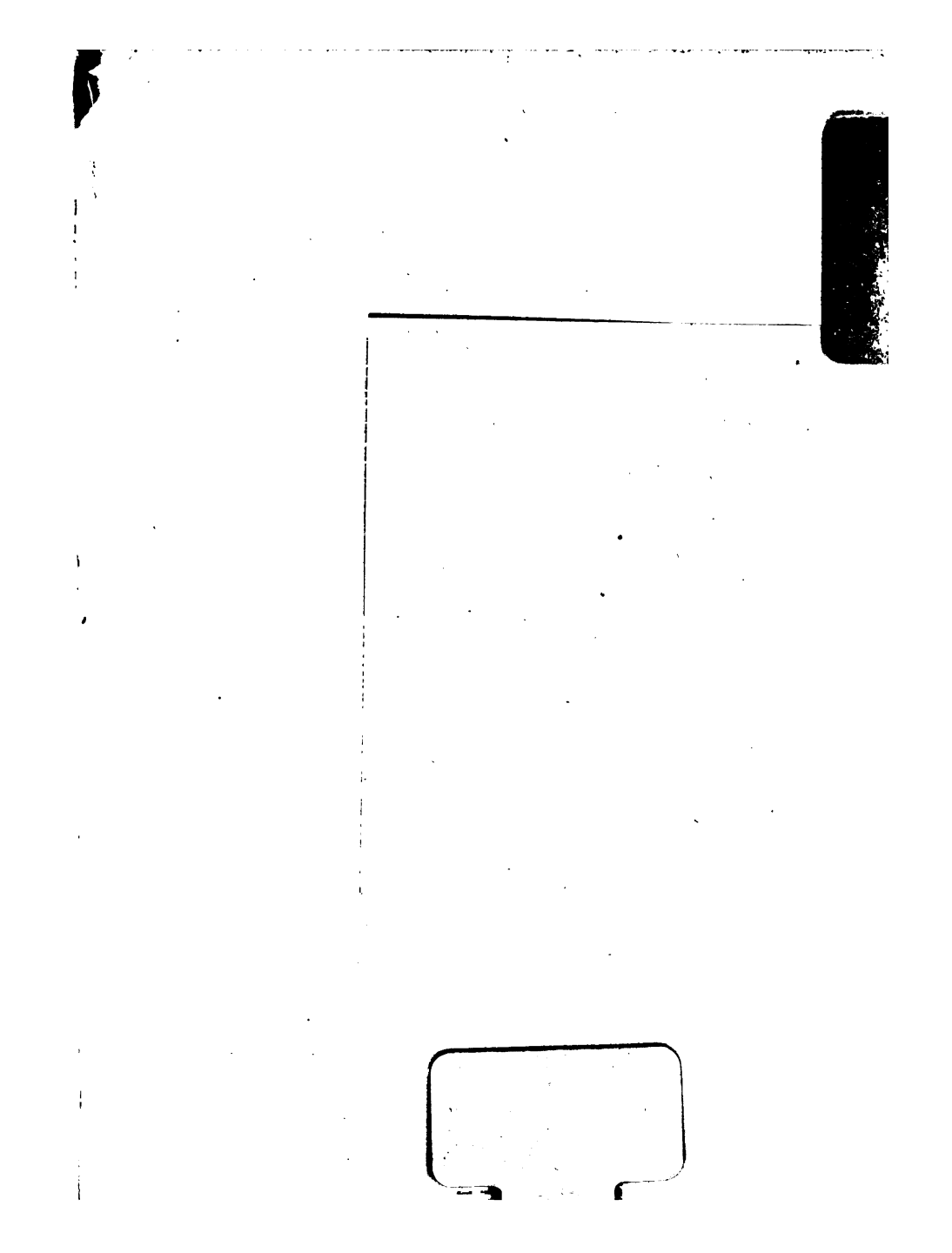
e) **Zinsen und Amortisation:**

10. für die Zentralstation 6% von *M.* 5000·— . . . . . *M.* 300·—
11. für das übrige Anlagekapital 12% von *M.* 10.000·— . . . . . *M.* 1200·—

Gesamtbetriebskosten *M.* 3201·55

Pferdebetrieb.

Ein Pferd kann durchschnittlich 70 *kg* Zugkraft entwickeln bei 30 *km* Geschwindigkeit pro Tag und zieht somit $\frac{70}{12} = 6$ Tons auf Feldbahngeleisen, d. i. in unserem Falle = 3 beladene Muldenkippen von ¾ cm^3 Inhalt.

Dauer der Hinfahrt ⅓ Stunde . 20 Minuten
Dauer der Rückfahrt ⅓ Stunde . 20 »
Zuschlag für Umspannen . . . 10 »
zusammen . . 50 Minuten.

Also kann ein Pferd bei achtstündiger Arbeitszeit $\frac{8 \cdot 60}{50}$ neunmal hin- und zurückfahren und transportiert täglich 3·1, 5·9 = 40·5 Tons Nettolast. Es sind somit $\frac{104}{40 \cdot 5} = 3$ Pferde und 3 . 3 . 3 = 27 Wagen erforderlich.